ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS.

DE LA FORCE CHIMIQUE D'INSOLUBILITÉ

AU POINT DE VUE INORGANIQUE.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS,

le mardi 28 août 1860,

PAR

LÉON DAILLE,

Né à Arlay (Jura),

Pharmacien lauréat de l'école de Paris,
Pharmacien interne des hôpitaux civils,
Chimiste essayeur de la Monnaie et du commerce,
Ancien chimiste à la pharmacie centrale de France,
Ex-préparateur de chimie à l'école centrale des arts et manufactures,
Membre de plusieurs sociétés savantes, etc., etc.



PARIS.

VICTOR MASSON, LIBRAIRE, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE, 7.
P. ASSELIN, LIBRAIRE, PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE.

1860

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS.

DE LA FORCE CHIMIQUE D'INSOLUBILITÉ

AU POINT DE VUE INORGANIQUE.

THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE A L'ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE DE PARIS,

le mardi 28 août 1860,

PAR

LÉON DAILLE,

Né à Arlay (Jura),
Pharmacien lauréat de l'école de Paris,
Pharmacien interne des hôpitaux civils,
Chimiste essayeur de la Monnaie et du commerce,
Ancien chimiste à la pharmacie centrale de France,
Ex-préparateur de chimie à l'école centrale des arts et manufactures,
Membre de plusieurs sociétés savantes, etc., etc.



PARIS.
E. THUNOT ET Ce, IMPRIMEURS DE L'ÉCOLE DE PHARMACIE,
RUE RACINE, 26, PRÈS DE L'ODÉON.

1860

ÉCOLE SUPÉRIEURE DE PHARMACIE.

ADMINISTRATEURS.

MM. Bussy, Directeur.
Guibourt, Secrétaire, Agent comptable.
Gaultier de Claubry, Professeur titulaire.

PROFESSEUR HONORAIRE.

M. Caventou.

PROFESSEURS.

MM. Bussy	Chimie inorganique
Berthelot	Chimie organique.
Lecanu	Pharmacie.
Chevallier	Pharmacie.
Guibourt	Histoire naturelle des médicaments.
Chatin	Botanique.
Valenciennes	Zoologie.
Gaultier de Claubry	Toxicologie.
N	Physique.

PROFESSEURS DÉLÉGUÉS DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

MM. Gavarret.
Wurtz.

AGRÉGÉS EN EXERCICE.

MM. L. Figuier.
Reveil.
Lutz.
L. Soubeiran.

MM. Riche.
Bouis.
Buignet.

Nota. *L'École ne prend sous sa responsabilité aucune des opinions émises par les candidats.*

A M. DORVAULT,

MON MAITRE,

Son élève reconnaissant.

A MON MAITRE

M. JACQUELAIN,

Professeur et chef des travaux chimiques à l'école impériale centrale des arts et manufactures.

A MON PÈRE,

J. LOUIS DAILLE, Docteur médecin à Arlay (Jura).

AUX MANES DE MA MÈRE,

Regrets éternels.

A MON ONCLE PIERRE-JOSEPH GAGEY.

A MON ONCLE VICTOR LHOMME.

A MA FAMILLE.

A MES AMIS.

A MES CHEFS DES HOPITAUX ET HOSPICES CIVILS DE PARIS.

Qu'il me soit permis d'exprimer ma vive gratitude aux docteurs DUCOM, Pharmacien en chef, et CHASSAIGNAC, Chirurgien à l'hôpital Lariboisière.

Je remercierai également M. FORDOS, Pharmacien en chef à l'hôpital St.-Antoine et à la Charité, de sa bienveillance à mon égard, étant son élève.

AU PROFESSEUR CHATIN,

PHARMACIEN EN CHEF A L'HOTEL-DIEU,

Son élève.

AUX PROFESSEURS GAULTIER DE CLAUBRY ET J. BOUIS,

Mes remerciements pour leurs bons conseils pendant mes années d'école pratique.

A MES COLLÈGUES DES HOPITAUX.

PRÉFACE.



Le temps apporte dans toutes les sciences des modifications dont le résultat est le perfectionnement des connaissances humaines.

La direction expérimentale des études chimiques a permis de fonder de belles théories sur les résultats des travaux des chimistes.

On s'est alors, peut-être, un peu trop éloigné des bases mêmes de l'enseignement pour se jeter à corps perdu dans le dédale des innombrables hypothèses émises depuis vingt-cinq ans surtout.

On n'a pas assez perfectionné la nomenclature des termes qui doivent servir à interpréter les expériences; la preuve en est assez évidente, lorsque vous étudiez ces théories de la chimie organique, par exemple, dont le dictionnaire technique est aussi bizarre que nouveau.

Il y a beaucoup à simplifier; c'est pourquoi je veux essayer de faire disparaître la vieille et vide expression d'*affinité* du domaine chimique.

Les simplifications doivent être appliquées au commencement, dans les prolégo-

mènes d'une science, puisqu'il faut à tout édifice une base solide, apte à recevoir une vaste construction.

Le soin à apporter aux débuts est le plus important; il est d'un intérêt vital pour les dévelopements ultérieurs de la science. Les théories bâties sur des illusions séduisent d'abord, ont du retentissement, grâce à l'éclat qui les environne; mais bientôt elles s'usent et finissent par succomber sous le propre poids de leur inanité.

En étudiant les phénomènes de décomposition dans le laboratoire, on s'aperçoit vite, en effet, de la persistance presque absolue d'une force qui règne sur les corps simples et dirige les rapprochements moléculaires complexes.

Cette force, qui avait été aperçue par quelques chimistes du dernier siècle, fut mise en lumière au commencement de celui-ci par Berthollet.

Toutefois ce philosophe, après avoir donné à cette force un éclat particulier en formulant les lois immuables qui la régissent, ne l'a pas cependant généralisée comme elle en est capable, en lui attribuant toutes les applications qu'elle comporte.

Cette puissance, appelée par lui *force d'insolubilité*, ne fut à ses yeux, comme à ceux de Berzelius et de son école, qu'une modification de la force d'affinité.

On a considéré l'insolubilité comme effet et non comme cause première, ce qu'elle est cependant. L'expression d'affinité indique le dynamisme ayant pour résultat l'insolubilité. L'affinité, acceptée depuis longtemps, servit à tout interpréter, les faits les plus contradictoires comme ceux qui semblaient le mieux s'y adapter : cela devait être.

Affinité est une expression vide de sens qui, loin d'être utile, ne peut que nuire beaucoup aux progrès de la chimie.

En considérant la nature, le rôle que jouent les éléments dans son sein, on est frappé de retrouver cette même force présidant là aussi bien que dans les appareils du chimiste.

Force de premier ordre, générale, pourquoi lui donner un nom aussi insignifiant, tandis que la langue française, si simple et si mathématique dans son sens, a pourvu largement aux besoins de la théorie chimique ?

Pourquoi, dis-je, se servir d'une définition représentée par un mot inventé par les alchimistes pour environner leur art d'une auréole d'obscurité ?

A la vérité, les chimistes de notre époque ont le bon esprit de renier les alchimistes de cet âge dans lequel tout était tromperie.

Il faut faire justice de cette dernière idée de la plaisante alchimie, la seule qui reste peut-être en honneur dans la nomenclature nouvelle.

Dans le courant de cette thèse, j'ai présenté les faits et apporté les documents à l'appui.

J'ai trop restreint un sujet qui comportait la matière d'un volume, afin de ne pas exagérer le cadre de mon programme.

Je me suis borné à indiquer rapidement les données sur lesquelles je base mon argumentation ; si j'ai voulu commenter quelquefois, j'y étais forcé par l'importance même du sujet,

Par un aperçu historique, je mets le lecteur à même de juger la question en lui montrant les origines des idées que je viens combattre, nées qu'elles sont dans des temps d'ignorance.

Espérons que les hommes de notre époque feront justice de ces vieilles théories ; qu'ils réfléchissent, et bientôt leurs yeux, tournés plus près d'eux, verront à leurs pieds l'obstacle qui les fait trébucher, au lieu de regarder trop loin dans l'avenir et de chercher des voies nouvelles sans guide sérieux.

Préparons le terrain en le perfectionnant ; c'est alors que, sûr de l'espace qu'il parcourra sans crainte, le chimiste s'élancera dans des théories plus vraies et plus solides.

Après avoir montré un aperçu de l'histoire chimique des cent dernières

années, je présente la définition et les fonctions de l'affinité en citant quelques exemples de son application au sens qui lui appartient, dans le chapitre consacré à cette force.

Vient après, l'article de la cohésion, confondue par quelques savants avec l'affinité, ou employée indistinctement par eux pour désigner la cause du rapprochement des molécules.

Nous y établissons la fonction de la cohésion, et, la distinguant de la première, qui peut être prise quelquefois dans un sens trop étendu et produire des erreurs.

Ce n'est pas plus la cohésion que l'affinité qui préside aux phénomènes des décompositions : telle est la proposition que nous cherchons à faire prévaloir dans cette partie consacrée à la cohésion.

Pour entrer mieux dans le sujet, et préparer le nœud de la démonstration, un chapitre devait être réservé à l'eau pour en dévoiler le jeu dans la nature entière.

Il est facile de suivre et de se rendre compte de la puissance de cet oxyde, mis par les anciens au nombre de leurs éléments ; c'est la force solvante de l'eau qui est l'antagoniste de la force d'insolubilité.

La puissance de solubilité est temporaire sur notre planète, la force d'insolubilité y sera seule maîtresse.

Viennent les preuves naturelles minéralogiques et géologiques de l'action de l'insolubilité.

Par la suite des corps simples étudiés selon leur ordre, on remarquera qu'il a pour but d'établir le principe de l'insolubilité.

Les unions des éléments simples donnent des faisceaux indestructibles, résistants, et, dès lors, possédant la plus grande somme d'inertie.

Pour un temps, et au moyen de cette force d'insolubilité, on obtient artificielle-

ment des combinaisons instables que le moindre mouvement fera rentrer dans la loi commune, le repos absolu.

Les combinaisons solubles qu'on prépare ainsi, sont des sels ou composés de peu de solidité, relativement aux corps composés insolubles.

Je termine en m'appuyant sur l'opinion des chimistes; elle confirme les idées émises dans le courant de cet ouvrage, et sont des preuves à leur appui.

Les conclusions, enfin, ne laissent pas d'équivoque, et sont présentées à l'impartialité de mes juges.

Je n'y poserai seulement, sans vouloir la soutenir, qu'une tentative de classification des affinités, fondée sur l'ordre de solubilité dans l'eau, des divers composés.

Enfin, je désire voir modifier le langage chimique dans le sens indiqué, convaincu du profit qu'en peut retirer la science; du moins, est-ce vers ce but que sont dirigés tous mes efforts.

DE LA FORCE CHIMIQUE D'INSOLUBILITÉ

AU POINT DE VUE INORGANIQUE.

HISTORIQUE.

Avant d'entrer dans un sujet qui paraît au premier coup d'œil vouloir établir des idées nouvelles sur l'interprétation des phénomènes naturels, je dois exposer dans un court historique l'état de la question, pour donner aux théories émises dans cette étude plus de vraisemblance et faire disparaître ce qu'elles auraient de trop choquant pour des esprits prévenus.

La chimie, il est vrai, depuis soixante ans a bien fait des progrès; mais personne ne pensera que dans cette période elle ait pu atteindre d'emblée la perfection.

Avant ce temps, les découvertes sans nombre qu'elle faisait au milieu des ténèbres de théories erronées, établissaient des dénominations plus ou moins justes destinées à l'explication des faits.

Tel est, par exemple, le mot d'*affinité*.

L'affinité a servi à expliquer toutes les mutations subies par la matière. Ce beau mot par Boerhaave élevé à le dignité qu'il occupe, nécessaire alors, devient aujourd'hui de plus en plus vide de sens, et n'est pas malheureusement le seul en chimie.

Sans m'occuper davantage, pour le moment, de la cohésion, à laquelle je reviendrai plus tard, je veux passer en revue les travaux des chimistes et suivre

l'état de la science à l'époque où l'on employa pour la première fois l'ingénieuse métaphore de l'affinité.

En nous reportant à une époque de cent ans environ éloignée de nous, la science, dans les diverses contrées de l'Europe, commence à sortir du chaos de l'alchimie.

En ce temps, une petite nation du Nord, la Suède, fournissait à la chimie son contingent des plus hautes illustrations.

Bergmann émettait des idées exactes sur la force des attractions chimiques et cherchait vainement à en formuler les lois.

Il généralisait par un raisonnement souvent heureux un grand nombre de faits nouveaux dans la science.

Schéele, son compatriote, trouvait en même temps que l'Anglais Priestley des substances gazeuses.

On connaît la fécondité du génie des découvertes de Schéele ; vouloir les énumérer serait essayer de parcourir toute la chimie.

Schéele et Bergmann en Suède, Cavendish et Priestley en Angleterre, sont sans contredit les chimistes du XVIIIe siècle qui ont fait le plus de découvertes éminentes.

Cavendish, génie plus profond par ses connaissances nombreuses, par sa patience et sa précision dans ses expériences, fit faire de rapides progrès à la chimie naissante. Mathématicien éclairé, il discuta ses travaux avec la rigueur d'un géomètre.

La discussion et les pas faits par les sciences jusqu'à nos jours n'ont rien détruit de la valeur de ses premières recherches.

A ce moment la découverte des gaz devait avoir une grande influence sur la direction que devaient prendre les travaux des physiciens pour formuler de nouvelles théories.

Tandis que les uns proposaient des modifications successives aux anciennes doctrines, qu'ils essayaient de mettre en harmonie avec les découvertes dont nous parlons, d'autres renversaient les hypothèses antérieures et donnaient des explications extraordinaires des phénomènes de la nature.

C'est alors qu'apparut Stahl, qui donna de la consistance aux idées répandues et généralement admises en chimie : qu'il se trouvait dans l'atmosphère un gaz auquel était due la combustion, lequel en s'unissant aux corps devait cet effet à son affinité avec le phlogistique.

D'un autre côté, les chimistes opposés à l'opinion de Stahl trouvèrent que les métaux en brûlant augmentaient de poids, en même temps qu'aucune perte n'avait lieu ; d'où il était facile de tirer contre l'opinion du phlogistique cette conclusion destructrice.

Le phlogistique étant, selon son auteur, un fluide qui se dégageait et occasionnait la combustion, il devait y avoir perte : loin de là, le poids augmentait.

Dès lors, le phlogistique, selon Stahl, n'était qu'un mot semblable à peu près à celui de *cathalitique*, proposé par Berzelius dans d'autres circonstances.

Stahl avait son école et ses adeptes, dont les plus illustres étaient Cavendish, Priestley, Kirvan et Fontana.

Ils basaient leur ingénieuse théorie du phlogistique sur ce qu'on apercevait dans beaucoup d'expériences se dégager des fluides gazeux dont on ne connaissait pas la nature et qu'on appelait *phlogistique*.

Si les sciences chimiques éprouvaient tant de tourmentes au temps de Stahl, que ne devaient pas, *à fortiori*, renfermer d'erreurs les idées des devanciers de ces philosophes qui combattaient à outrance sur un phénomène qu'il s'agissait d'expliquer en se basant *uniquement* sur les faits révélés par l'expérience !

De ce fatras incohérent, grossi par l'imagination des plus ardents, devait sortir la lumière.

Lavoisier et Bayen, vers 1774, expérimentaient sur le mercure qu'ils oxydaient au moyen de l'air et révivifiaient par la chaleur ; preuve que l'atmosphère se composait d'un gaz qui, étant absorbé, augmentait le poids des corps transformés de la sorte en chaux ou oxydes. La théorie de Stahl était renversée par l'analyse et la synthèse, au moyen d'un métal approprié, le mercure oxydable et réductible par la chaleur. Plus tard, Lavoisier appela ce gaz oxygène.

A peu près en même temps 1778, Schéele répétait ces expériences et arrivait aux résultats obtenus par Lavoisier. En effet, on trouve dans ses mémoires de l'Académie royale des sciences de Stockholm, 1779 : « On sait que l'on ne doit re-
« garder notre air que comme un simple fluide élastique, parce que si l'on en sépare
« tout l'hétérogène qui s'y trouve mêlé, on trouve, suivant les nouvelles expé-
« riences qui ont été faites sur l'air, qu'il consiste en deux espèces très-distinctes
« l'une de l'autre : l'une s'appelle air vicié, parce qu'il est absolument dangereux
« et mortel, soit pour les animaux, soit pour les végétaux, et qu'il altère en partie
« toute la masse de l'air ; l'autre, au contraire, s'appelle l'air pur ou air de feu,

« parce qu'il est tout à fait salutaire et qu'il entretient la respiration, conséquem-
« ment la circulation du sang.... Il est certain que lorsque l'air pur rencontre une
« matière inflammable mise en liberté, il s'en approche, se sépare de l'air vicié,
« et disparaît, pour ainsi dire, à vue d'œil. »

Les chimistes sentaient le besoin de connaître cette partie de l'air atmosphérique qui leur échappait et opérait les combustions. A côté de ces travaux qui font pressentir la vérité, Schéele devait en approcher, comme on vient de le voir, le plus près ; à Lavoisier la découverte évidente était réservée.

En se livrant à ses recherches, ce dernier chimiste était arrivé à se convaincre que les produits de la combustion contenaient ce même corps, air vital, qui disparaissait dans les vases où ils expérimentaient. Lavoisier connut la composition de l'acide carbonique, d'où il tira la conclusion que dans les acides sulfurique et azotique se trouvait aussi de l'oxygène.

Il était arrivé au premier de ces résultats en décomposant la chaux par le charbon. En présence du fer, on comprend que l'azote comme le soufre, ou du moins le sulfure de carbone, pouvaient naître de l'action réductrice du carbone ou charbon, sur les acides azotique et sulfurique.

Lavoisier formula le rôle de l'oxygène dans l'acte de la combustion, en avançant qu'en s'unissant aux corps il produisait la chaleur ; explication qui rendait inutile la théorie du phlogistique.

On voit par là que Lavoisier est réellement le fondateur de la chimie nouvelle, basée sur des faits, tandis que Stahl ne fondait sa théorie que sur une hypothèse.

Bientôt les idées de Lavoisier, ce philosophe profond, devaient fructifier. Cavendish et Berthollet confirmaient les expériences du grand maître, le premier par la décomposition de l'acide azotique et de l'eau, le second par celle du gaz ammoniac ; ils réduisirent ainsi le nombre des phénomènes qu'on nommait alors anomalies.

Mais la théorie du phlogistique devait-elle tomber sans coup férir ?

L'Allemagne, la Suède, l'Angleterre lui fournirent de zélés défenseurs.

1784. — Cavendish lui-même devait errer au moment où il faisait le parallèle des deux théories ; par des raisonnements subtils, il arrive à égaliser les thèses de Lavoisier et de Stahl, mais inclinant pour Stahl, il reste le partisan du phlogistique.

Quoi qu'il en soit, malgré des noms très-imposants, en France, les idées de Lavoisier semblent trouver un sol fertile, celui qui les avait fait naître.

Dans notre pays, Guyton-Morveau, Berthollet et Fourcroy, Higgins et Hope en Angleterre, firent bientôt triompher la nouvelle doctrine qui n'était que l'expression des faits, l'autre ne représentant qu'une opinion.

Où conduisit en France la philosophie de Lavoisier?

Si ce n'est à porter les chimistes à admettre que les corps simples étaient tous ceux qui n'avaient pu être décomposés, ou desquels on n'extrayait qu'une seule et même substance.

Cette conclusion préparait de rapides et prodigieux succès.

1785. — Tous les noms qui désignaient les substances connues en chimie, avaient dès lors besoin d'une réforme basée sur les nouvelles idées établies par les chimistes français.

Bergmann le premier et plusieurs de ses contemporains comprirent que les anciennes dénominations, barbares le plus souvent, ne pouvaient plus convenir et ne se reliaient nullement entre elles.

Les efforts de ce savant suédois se traduisent dans ses œuvres par une persévérance non-seulement digne de Schéele, mais par une opiniâtreté sans égale.

Quoi de plus frappant, en effet, que ce travail des affinités rapporté dans des tables dont la construction a dû coûter tant de veilles?

Sans être arrivé à un résultat satisfaisant, Bergmann, malgré ses erreurs, figure l'égal des plus grands génies de l'époque.

Les Français, Guyton, Fourcroy et Berthollet entreprirent un plan de réforme, fondé sur les propriétés les plus caractéristiques des corps simples, en faisant dériver les dénominations des corps composés de la réunion des noms de leurs éléments de composition.

Cette nomenclature issue de la France fut vite adoptée en Allemagne comme dans son pays natal.

En Angleterre, une génération de jeunes chimistes s'apprêtait à l'exploiter heureusement.

Ce premier jet d'une nomenclature sortie informe de la vérité amplifiée par l'imagination, de la notion imparfaite de tous les corps connus, cet essai portera en lui-même l'impression et le caractère de l'erreur dans plusieurs de ses parties importantes.

La science jusqu'à nos jours ayant progressé rapidement, n'est cependant pas, il s'en faut de beaucoup, parvenue à aplanir toutes les difficultés; de là tant de dissidences.

Le progrès marche; il est né d'une de ces créations lumineuses que l'homme doit conquérir au prix de fatigues incessantes, mais dont la Divinité est trop parcimonieuse. Des siècles s'écoulent et des milliers de générations pour produire une vérité.

Il y a beaucoup à perfectionner; on n'aperçoit pas tout d'abord l'importance d'un fait dont l'étendue est quelque fois immense.

Si nous considérons les bases mêmes sur lesquelles reposait le plan suivi par les chimistes de ce pays, on en reconnaît l'imperfection, par cela même que ces bases s'appuyaient sur des branches de nos connaissances ayant besoin de plus de simplicité et de précision.

En effet, on ne peut, à coup sûr, fixer définitivement la dénomination de simple à un corps qui peut être reconnu plus tard comme composé, ou de composé à un corps simple, mais considéré comme composé au moment de l'application des théories nouvelles.

Il sort de là que la nomenclature devra varier autant que les progrès de la science viendraient en révéler les lacunes.

Ainsi, au commencent on appelait *acide muriatique oxygéné* et *acide marin déphlogistiqué* le chlore et l'acide chlorhydrique.

Malgré ces dénominations incorrectes et peu en rapport avec la composition élémentaire des substances qu'elles désignaient, la nomenclature guytonniene était, dès 1795, généralement admise.

Le travail des chimistes prend un nouvel essor dans le laboratoire; chacun tente des expériences avec les vues philosophiques du jour.

Bergmann, Margraaff et Bayen, au moyen des dissolvants, tant acides qu'alcalins et du feu, procédés perfectionnés par Klaproth et Vauquelin, analysent les minéraux. Cette voie dans laquelle s'engagent les physiciens est le signal des découvertes les plus importantes, dont ce dix-neuvième siècle est redevable à la fin du dix-huitième.

Quoi de plus remarquable que cet effort suprême de l'homme dans l'erreur qu'il reconnaît à chaque pas, le résultat couronne bientôt son œuvre fruit de son énergie !

Comme l'a dit au commencement de ce siècle Berthollet, en rappelant l'origine de tant de découvertes :

« Les vastes propriétés de l'oxygène étaient ignorées, en grande partie, avant

« que Lavoisier fît connaître ses combinaisons et analysât les phénomènes nom-
« breux qui en dépendent; c'était une époque heureuse pour la chimie que
« celle où Black venait jeter les fondements de la théorie de la chaleur; où
« Priesley découvrait par des procédés nouveaux un grand nombre de substances
« gazeuses négligées jusque-là; où Cavendish alliait aux recherches les plus déli-
« cates de la chimie l'application d'une physique lumineuse;

« Où Bergmann ordonnait tous les procédés qui servent à diriger l'action chi-
« mique et à en classer les effets; où Schéele découvrait des terres, des métaux,
« des acides, des combinaisons; où Guyton établissait une communication entre
« toutes les opinions et les balançait; où Fourcroy commençait à proclamer avec
« éclat les découvertes rapides auxquelles il contribuait. » *Stat. chim.*, t. II.

En effet, Schéele, en 1774, découvrait la baryte; en la même année le chlore et le manganèse;

En 1778 l'acide molybdique et l'acide cyanhydrique en 1782, et l'acide tungstique en 1780.

Si Lavoisier est le génie qui a posé la loi immuable de l'oxydation, Schéele est aussi des découvertes le génie par excellence.

Les métaux semblent naître chaque année et se hâter d'apparaître pour couronner l'œuvre du siècle dernier.

Après Schéele, Klaproth découvrait, la même année 1789, le zirconium et l'uranium.

Cavendish s'était signalé douze ans plus tôt par la découverte de l'hydrogène, et Rutherford par celle de l'azote en 1772.

Deux ans après Priestley montrait l'oxygène.

En 1782, Müller de Reichenstein mettait au jour le tellure.

Vauquelin apparaît en 1787 avec le chrome.

Lavoisier décompose l'eau en 1789.

Dans les dix dernières années, Gregor découvrait le titane, et Hope la strontiane en 1791.

Gadolin l'yttrium en 1794, et Vauquelin la glucine en 1797.

Le siècle qui va naître enfantera aussi des merveilles, et l'on verra la chimie, sous les influences régénératrices des Lavoisier, Priestley et Cavendish, marcher à grands pas durant soixante ans avec une rapidité électrique, relativement aux temps antérieurs.

Le dix-huitième siècle a fait des prodiges, surtout vers sa fin, dans les sciences philosophiques.

Bientôt le dix-neuvième siècle se signale par de non moins importantes découvertes. A son aurore, tout fait présager une marche glorieuse du progrès.

N'est-ce pas en 1800 que le galvanisme et le voltaïsme commencent leurs discussions par l'organe de leurs inventeurs ?

Mais en même temps les corps simples augmentent encore leur nombre ; la famille du platine vient révéler quatre nouveaux métaux assez analogues à lui, par les analyses de Tennant et Wollaston ; ce sont : l'osmium, l'iridium, le palladium et le rhodium.

Si, comme nous le voyons, les corps simples se multiplient, un autre genre de phénomène se développe :

Volta, en 1800, apportait son tribut scientifique à l'instar de Lavoisier.

Les moyens dont les adeptes de la chimie jouissaient pour scruter la nature n'étaient pas nombreux, la chaleur était le plus puissant.

Une nouvelle arme, plus terrible, existait cependant en ce temps, au nombre des connaissances humaines.

Les applications de cette nouvelle force, je veux dire l'électricité, n'avaient pas encore été essayées.

Franklin, par ses dangereuses expériences, avait fait penser à plusieurs philosophes que les phénomènes dus à la foudre devaient avoir des analogies avec ceux de l'électricité.

Déjà Priestley, Cavendish, Van Marum avaient fait usage de l'électricité pour produire de la chaleur et provoquer des décompositions, lorsque Volta, par son appareil de la pile, tira de l'électricité due au contact, cette puissance qui seconde si énergiquement le physicien et le chimiste dans leurs disquisitions.

La découverte de ce moyen venait tout naturellement éclairer et contrôler en même temps le chemin dans lequel s'était engagée la chimie depuis vingt-cinq ans environ.

Les conquêtes de l'homme sur la nature, réclamées par ses besoins incessants, succès dus à son génie, empruntent leurs forces également aux sciences et aux arts.

C'est ainsi que ces derniers ont produit les vases et vaisseaux utilisés par le chimiste à des recherches exactes.

De même l'appareil électrique ou l'électricité voltaïque permit de reconnaître

l'union qui existe entre les attractions chimiques qui s'opèrent dans les décompositions.

Une foule de physiciens, surtout en Angleterre, en Suède et en France, entreprirent des travaux à l'aide de la pile de Volta, appareil qu'ils ont eux-mêmes le plus souvent perfectionné.

Nicholson, Carlisle, Henry, Wollaston, Children, Biot, Thénard, Hissinger, et enfin l'immortel Berzelius, décomposèrent au moyen de la pile.

Vers 1807, Humphry Davy, dont la chimie philosophique m'a inspiré quelques idées, comme la statique de Berthollet; Davy, dis-je, à l'aide de l'électricité, enrichissait la science des métaux alcalins au nombre de quatre : le potassium, le sodium, le lithium et probablement l'ammonium, métal composé, mais fonctionnant comme les trois autres.

Schéele avait annoncé la baryte et le manganèse ; le baryum, le calcium, le strontium et le magnésium étaient, par la pile, séparés de l'oxygène, qui en faisait des chaux, selon l'expression pittoresque des alchimistes.

Les métaux alcalino-terreux révélés, on poussa les recherches aux terres proprement dites : à l'aluminium, isolé plus tard, il est vrai, par Wœhler en 1847, et dont M. Sainte-Claire Deville a dévoilé les propriétés remarquables et même inattendues, en l'introduisant dans les arts et l'industrie.

Pendant que l'électricité apportait à l'analyse son merveilleux secours, Proust formulait les lois des combinaisons de l'oxygène avec les métaux, en assimilant la plupart des oxydes au minimum à de véritables sels.

Tels sont les miniums,

Le peroxyde de fer magnétique....

Proust, observateur attentif, ne se décourageait point par des résultats surprenant ses prévisions.

Dans ses études sur les oxydes et sur les sels, il est parvenu à étendre davantage l'application de cette hypothèse ingénieuse sur la constitution des oxydes, combinaisons dont le poids augmentait, quand on les obtenait au sein d'un liquide, sur celui que donnait la calcination.

Les sels conservant par leur cristallisation une certaine proportion d'eau, l'amenèrent à penser que cette eau, retenue et ne s'échappant pas à 100°, était combinée, et qu'on pouvait considérer, dès lors, les oxydes retenant avec une certaine énergie de l'eau, comme de vrais sels, des hydrates.

Nous assistons, par cet historique un peu long malgré mes efforts à le restreindre, au remaniement des anciennes doctrines changées par la nouvelle école.

La nomenclature, avons nous dit, était et n'est encore qu'imparfaite; nous devons par cette seule raison ne pas être surpris du peu d'exactitude et de portée de l'affinité.

Après la mort de Lavoisier, nous retrouvons sur ses traces des hommes suivant les mêmes voies d'expérimentation que les Schéele et les Bergmann, mais guidés par le flambeau de la théorie actuelle, d'abord Proust et Berthollet.

Sans parler des discussions remarquables qui divisèrent ces deux hommes, où le génie a trouvé un aliment mutuel, Proust est demeuré supérieur à son éminent rival en fondant la loi des proportions chimiques.

Proust, alors chimiste du roi d'Espagne, put, par les richesses minéralogiques du nouveau monde, entreprendre des recherches nombreuses et donner la composition de roches auxquelles il donna souvent son nom.

Ce chimiste a aussi préparé et presque formulé la loi des proportions multiples, en notant exactement les poids des quantités d'oxygène qui s'ajoutent aux substances métalliques.

Cet honneur était réservé à Dalton en 1807.

Il est curieux de suivre et voir progresser dans ce chemin fécond cette science par excellence ; d'une vérité une autre découle, non moins importante et fertile aussi en applications.

Tout s'enchaîne ici, ce n'est plus l'hypothèse dans laquelle la raison se livre de perpétuels combats avec la triomphante imagination.

Ce merveilleux assemblage de faits divers s'unit dans l'édifice, après avoir reçu de la main de l'ouvrier une forme et une dimension parfaites.

L'œuvre ébauchée se perfectionne sans cesse par les acquisitions du temps.

Cette partie quantitative de la chimie ne paraît pas se rapporter beaucoup à l'étude des phénomènes que je veux étudier.

Malgré cette apparence même, il n'y a rien d'exact dans cette idée, car on peut comprendre que les quantités pondérales des corps s'unissant entre elles sont nécessaires à l'équilibre qui les caractérise, pour ne pas être perpétuellement entraînées dans un mouvement moléculaire qui leur donnerait tant de formes diverses.

Ces proportions sont des quantités indispensables à l'équilibre, et lui donnent

d'autant plus de stabilité que ces poids équivalents se balancent plus exactement les uns les autres.

Je veux dire, une combinaison sera plus indécomposable si ses éléments sont assez nombreux, sans tomber dans un excès ni dans l'autre, pour donner une somme de puissance ou stabilité la plus grande.

Un exemple tiré de la série du carbone combiné avec l'oxygène.

L'oxyde de carbone CO est gazeux.

L'acide oxalique C^2O^3 est solide.

L'acide carbonique CO^2 est gazeux.

Les éléments de l'oxygène rendent la combinaison tour à tour volatile et solide.

Ainsi, dans ces trois composés, celui dans lequel les éléments se pondèrent le mieux, c'est dans la forme C^2O^3.

Cette nouvelle source, de laquelle les combinaisons peuvent recevoir de la puissance, sera envisagée à un autre point de vue dans cette thèse.

Pour présenter les raisons destinées à étayer mon système, je devrai parcourir dans un ordre naturel tous les phénomènes que nous observons, soit dans le laboratoire, soit dans la géologie.

En ce moment, l'ordre chronologique me semble nécessaire pour les prémices de la question, et pour faire rejeter les opinions préconçues contrairement à la théorie que j'admets et la présenter au jugement impartial du lecteur.

Suivant les faits qui doivent nous éclairer, je dois mentionner les lois de l'isomorphisme, car toutes sont les compléments les unes des autres et se prêtent un mutuel appui.

Jusqu'ici on a admis le sens du mot *affinité*, tel que Boerhaave en a généralisé l'emploi.

Nous savons qu'on entend par là expliquer ou indiquer les phénomènes qui président aux rapprochements moléculaires; on attache à cette dénomination un sens bien étendu, et le plus souvent tout à fait contradictoire.

C'est en transportant par analogie la signification d'union ou parenté du règne animal aux choses inanimées que l'on a tiré le mot *affinité*, admis dès lors et employé sans autre attention.

Il est admis par les physiciens un grand nombre de forces qui président aux combinaisons chimiques. Je crois avec M. Dumas que c'est trop multiplier, et par conséquent embarrasser la marche d'une science dont on augmente bien trop

chaque jour le dictionnaire. Je pense donc que ces puissances sont des modifications de la gravitation universelle.

Si vous admettez l'affinité et la cohésion pour interpréter les actions dynamiques des corps les uns vers les autres, ce qui n'est pas prouvé, car ce sont des mots en l'air, je m'efforcerai de substituer du moins à l'affinité une force que tous les chimistes ont considérée comme une modification de celle-ci : je veux dire l'insolubilité.

Je considère donc la force d'insolubilité dirigeant les groupements moléculaires des corps, dans l'intention de former une union assez forte pour pouvoir mieux résister à cette puissance opposée que nous trouvons en mécanique et partout, la force de solubilité en chimie, opposée, mais faiblement, à la force d'insolubilité. On me dira : c'est substituer des mots à d'autres.

C'est vrai ; je veux substituer à un mot vide de sens un autre dont le sens implique une propriété bien connue, cette modification que la nature s'efforce de revêtir pour échapper aux décompositions permanentes auxquelles une partie de sa masse reste encore soumise, à l'action de l'eau.

Dans ce but, je disposerai mes preuves en trois parties :

1° Je tirerai les premières de la minéralogie et de la géologie ;

2° Les secondes du jeu des réactions chimiques ;

3° Les troisièmes enfin de l'opinion des chimistes.

Je consacrerai un chapitre au rôle dynamique de l'eau à la surface du globe.

Mais auparavant je dois exposer les idées fondamentales qu'on a jusqu'ici attribuées aux affinités et à la cohésion, en discutant un instant sur chacune de ces deux forces en particulier.

AFFINITÉ.

On nomme *affinité*, la force qui réunit les molécules de plusieurs corps simples pour constituer la molécule d'un corps composé.

Ainsi, c'est l'affinité qui préside également à l'union de deux ou plusieurs corps composés.

Le mot *affinité* rend parfaitement l'idée qu'on attache à ce grand ordre des phénomènes chimiques.

Les corps s'engagent mutuellement en un pacte qu'il est souvent difficile de rompre.

Cette force a frappé dès longtemps les chimistes, et c'est elle qu'ils admirent, comme dominatrice, dans tous les actes de la nature, depuis le premier jour de l'existence des mondes.

Ce désir ou appétit des corps à s'unir est commandé par le besoin qu'ils ont de revêtir une forme, leur permettant de résister aux actions plus faibles qui les sollicitent vers des combinaisons instables.

Ce but est l'équilibre des éléments du nouveau composé formé, neutralisés ou amoindris qu'ils sont par cette union même.

Le résultat des mouvements que les corps subissent est le repos absolu, c'est-à-dire néant d'activité.

La cause qui semble leur donner la vie momentanément est la recherche de l'union la plus indestructible.

Les corps simples faibles, ou du moins volatils, empruntent de la force aux forts ou fixes, et tous deux ainsi réunis acquièrent une plus grande somme de puissance avec plus d'efficacité opposable à ces tourmentes éternelles des éléments agités à la surface de la terre, aussi bien que dans ses entrailles. Qu'il me suffise de citer à l'appui de mes opinions sur le repos en équilibre des éléments de la nature, la pensée du plus grand des chimistes, Berzelius :

« Si l'on parvenait à réunir tous les corps en un même point, et qu'ils fussent « tous en état de manifester leurs affinités, ils commenceraient à se combiner les « uns avec les autres, et la masse entrerait dans une activité qui durerait plus ou

« moins longtemps et se terminerait par un repos éternel, que nulle force ne pour-
« rait troubler ni détruire. »

Nous demanderons d'abord quelles sont les forces qui pourraient être opposées à ce repos éternel dont parle Berzelius.

On peut admettre que les affinités eurent ainsi à se manifester au temps de l'incandescence de la terre; mais ces corps sont-ils dans le repos?

Aussitôt que la chaleur eut fait place à l'action de l'eau sur le globe, c'est-à-dire dès le commencement de la période géologique neptunienne, les éléments ne sont-ils pas toujours en un mouvement qui va en s'éteignant?

Je développerai dans un chapitre réservé à l'eau le rôle qu'elle joue sur notre terre et dans les actions chimiques.

Revenons au sens de l'affinité.

Cette expression est loin d'être ancienne; aussi sa naissance ne date-t-elle que du moment où l'on a cru avoir quelques idées nettes sur les phénomènes chimiques.

En 1698, Barchusen parla des affinités dans son petit traité intitulé *Pyrosophia*. Depuis, Boerhaave, comme je l'ai dit, l'introduisit dans la science par la publication de son ouvrage *Elementa chemiæ*, 1733.

Au temps de Boerhaave, Geoffroy s'exerçait sur le sujet des affinités, quand apparut Bergmann, qui établit et fixa pendant longtemps dans ses tables des affinités, les opinions des chimistes.

En effet, déjà en 1718, les physiciens avaient cherché à établir les lois de l'affinité pour en mesurer la force dans les actions d'un corps sur tous les autres.

C'est ainsi que Bergmann, dans son remarquable *Traité des affinités*, s'efforce de comparer les affinités des corps simples et composés les uns à l'égard des autres.

Esprit ardent, Bergmann chercha toujours à faire voir que les affinités étaient constantes pour les différents corps; les dissidences sur lesquelles nous nous étendrons dans le courant de cet écrit n'étaient pour lui que de simples anomalies.

Berthollet vint bientôt renverser toute cette création fondée sur l'imagination de l'illustre Bergmann, qui en devançant l'expérience voulait transporter par des analogies des faits dont l'étendue n'était point alors assez connue.

Nonobstant, je donnerai quelques exemples prouvant que l'affinité attribuée à un corps pour un autre peut être complétement changée et devenir presque nulle,

tandis que cette même affinité sera considérée, relativement à la chaleur qui décompose les corps, comme des plus énergiques.

Si on veut citer un exemple d'affinité remarquable, certainement on nommera les sels de soude ou de potasse, leurs combinaisons binaires avec les acides réputés forts et les métalloïdes ayant, comme on dit, de grandes affinités.

Le sulfate de potasse est certainement une combinaison bien stable, bien solide, que la chaleur ne saurait modifier.

Quelles affinités auront les éléments de l'acétate de plomb? Très-faibles ; cependant l'acide acétique n'a pas beaucoup d'affinité pour la potasse.

Ce ne serait pas l'oxyde de plomb qu'on pourrait comparer à cet alcali, suivant les affinités, et cependant vous voyez le changement de base et d'acide avoir lieu, ou double décomposition en faveur du sulfate de plomb insoluble.

Partout la théorie des affinités est en contradiction avec elle-même.

Prendrai-je encore un exemple dans les sels de chaux ?

Dissolvez à saturation du sulfate de chaux dans l'eau à 15° C.; mettez-y de l'acide oxalique, il se précipitera une partie de la chaux à l'état d'oxalate.

Encore là vous ne mettrez pas en parallèle l'affinité de l'acide oxalique avec celle de l'acide sulfurique.

C'est parce que l'oxalate de chaux est plus insoluble que le sulfate de la même base.

Un dernier exemple pris au hasard parmi des composés binaires :

Comparerez-vous au point de vue des affinités l'oxyde de mercure minimum avec la potasse ou la soude?

Certainement il est impossible.

Sans doute aussi, vous admettrez que le chlore déplacera l'acide acétique.

Voyez cependant, tout le contraire arrive, et l'inverse des prévisions d'affinités se produit, on obtient du calomel.

Je n'aurai qu'à rappeler que le calomel qui se forme et se précipite vient renverser toutes les idées que vous avez pu vous faire avec les fameuses affinités.

Je comprends qu'il en coûte d'abandonner une si belle expression.

Pour en finir, je veux donner l'exemple que tous les auteurs rapportent.

L'azotate de baryte et le sulfate de potasse.

$$KO, SO^3, HO + BaO, AzO^5, HO = KO, AzO^5, HO + BaO, SO^3, HO.$$

La potasse abandonne l'acide sulfurique, et la baryte s'en saisit.

L'acide azotique prend la place de l'acide sulfurique, vers la potasse.

Enfin Berzelius prête toute l'autorité dont son nom peut être l'objet en faisant pencher la balance en faveur de l'idée ici poursuivie.

En parlant de ces expressions reçues par les chimistes, il fait justice de celle qui nous occupe, en ces termes :

« Dans les ouvrages chimiques, la force de combinaison est généralement ap- « pelée *affinité*, nom *impropre*, puisque les corps qui ont le plus de rapports entre « eux offrent le moins de tendance à se combiner. »

Ce n'est pas à ce seul titre qu'on doit rejeter cette expression arrêtant les progrès de la science.

Ne voit-on pas les affinités invoquées au moment où elles sont nulles, aux temps d'une combinaison où elles s'équilibrent ? Il n'y a pas d'affinité possible pour le fer en présence de l'eau à une température rouge, pas plus que pour l'hydrogène qui réduit l'oxyde de fer à la même température.

Là les affinités sont égales tant pour le fer que pour l'hydrogène. Mais n'est-il pas plus simple de faire intervenir la force d'insolubilité, puisque nous savons que le fer s'oxyde à la température ordinaire en présence de l'eau et de l'air?

Il est probable que c'est l'acide carbonique de l'air qui détermine l'oxydation du fer; alors il y a Fe^2O^3 de formé, corps insoluble. Tandis que pour réduire cet oxyde stable, il faudra employer l'action de la chaleur réunie à celle non moins énergique de l'hydrogène naissant.

Cette facile oxydabilité confirme la puissance qui, aidée du faible acide carbonique, occasionne la réaction.

Ces phénomènes ne peuvent s'expliquer plus simplement.

Il en sera de même des sulfures, chlorures, insolubles etc. . . .

N'insistons plus, le fait est certain et partout vous le trouvez, les affinités sont des mots vides de sens, induisant même en erreur.

Je me réserve aux chapitres de l'insolubilité de montrer comment cette force agit partout et toujours identiquement.

Toutefois afin de limiter autant que possible les proportions de cet opuscule, je me renfermerai dans les faits de chimie minérale pure, sans emprunter rien à la chimie organique.

Je ne ferai qu'effleurer les métalloïdes, autrement ce serait m'entraîner dans des considérations sur les gaz.

COHÉSION.

Après avoir suivi l'ordre des raisons qui me font rejeter l'hypothèse de l'affinité, dont l'origine remonte à une époque où son usage et son invention pouvaient satisfaire, je passerai à la cohésion, à laquelle beaucoup de faits doivent être attribués.

D'abord, pour faire disparaître tout équivoque, je commencerai par diviser cette partie en deux catégories distinctes, l'une l'attraction moléculaire des corps célestes et l'autre celle qui rapproche les molécules infinitésimales des corps simples ou composés.

L'attraction, dont je ne mentionnerai que le caractère distinctif en ce qu'elle étend seulement son empire sur les grandes masses.

La cohésion ne pouvant s'exercer qu'à des distances infiniment petites; il est facile de comprendre que la cohésion ne peut expliquer les phénomènes qu'on a l'habitude de ranger sous les lois de l'insolubilité.

En effet, on peut parfaitement penser qu'une molécule qui se précipite au sein d'une dissolution n'est soumise à aucune influence de cohésion, car elle n'est pas réunie à sa voisine, pour constituer un agrégat que les molécules du dissolvant ne peuvent plus séparer pour se placer entre elles.

La cohésion ne peut être confondue avec la force d'insolubilité, car celle-ci a une action déterminante; la cohésion vient ensuite se faire sentir et grouper les molécules le plus souvent d'une façon régulière et déterminée.

L'insolubilité est la puissance primordiale, aussi les chimistes de notre époque l'ont admise ainsi. Berzelius, en parlant du précipité, dit « qu'il n'est d'abord « qu'une masse amorphe de molécules qui, vue par un fort microscope, se présente « dans un état floconneux, et se trouve composée de particules plates, rondes, « annulaires ou colonnaires d'une forme toujours indéterminée. »

« C'est que la rapidité avec laquelle l'état solide s'est établi, n'a pas laissé *aux* « *atomes le temps* de se grouper d'une manière régulière. »

Au point de vue de l'insolubilité du précipité, il n'y a là rien d'équivoque; la modification de l'affinité que Berzelius a admise, comme force d'affinité modifiée par l'insolubilité, est générale et non particulière. Gay-Lussac s'exprime à peu près de même que Berzelius; seulement le premier considère les sels solubles et non les précipités.

« Le dissolvant, annonce-t-il, combat la force qui lui est opposée ou l'insolu-« bilité qu'on ne doit jamais prendre dans un sens absolu, mais relatif.

« Cette résistance, l'insolubilité, dépend essentiellement, d'après la croyance « établie, et de la cohésion ou attraction réciproque des molécules similaires du « corps à dissoudre et de son affinité pour le dissolvant qu'on lui présente; telle-« ment qu'on suppose que si le corps, au lieu d'être solide était liquide, le dissol-« vant en prendrait une quantité plus considérable. (1) »

Enfin il se prononce en disant qu'il est disposé à penser que la cohésion n'a rien à faire en général dans la solution.

Il s'appuie sur cette argumentation :

« Si l'on fait dissoudre un sel en supposant sa cohésion comme force antago-« niste, le dissolvant ne s'en saturerait jamais complétement pour une température « donnée; s'il en était ainsi, on pourrait refroidir de quelques degrés la solution « sans qu'il se dépose du sel.

« Mais on sait qu'il n'en est rien. »

Voilà donc le fait établi d'un bout à l'autre de l'échelle de la solubilité.

La cohésion ne peut être confondue avec l'insolubilité.

D'un autre côté, l'attraction moléculaire est bien différente de l'attraction de Newton. Quoique celle-ci semble devoir suffire en régissant les masses ou les *touts* dans leurs mouvements et leur pondération, en voulant appliquer cette loi à des corps très-petits et très-rapprochés ou en contact, l'adhésion ayant lieu, se trouve alors bien supérieure à celle que l'on peut déduire précisément de la force de

---

(1) Annales de chimie et de physique, 1839. Gay-Lussac.

l'attraction universelle placée aux centres de gravité de ces masses infiniment petites.

Si la masse est très-petite, l'attraction sera aussi très-petite, à la limite elle sera nulle; c'est là juste où commence à se faire sentir la puissance de l'insolubilité.

Sans exclure d'une façon absolue l'affinité non plus que la cohésion, je pencherais plutôt pour ne plus employer l'affinité qui n'explique rien, sans abandonner la cohésion qui, par son action lente le plus souvent, resserre les liens qui unissent les substances diverses en les faisant adhérer davantage les unes aux autres, en donnant à l'agrégat plus de consistance.

Quant à l'action opposée qui sépare les corps, je la diviserai en deux :

1° La dissolution;

2° La dissolutien avec combinaison.

Le cas qui nous occupe est l'action de l'eau au point de vue de la dissolution.

Le second chef ne rentre pas dans le cadre que je me suis proposé.

Les modifications diverses de l'affinité admises par les chimistes, et entre autres par Berzelius, peuvent être réduites, en faisant rentrer l'affinité pure dans la modification d'insolubilité par Berthollet établie.

Il est certain que la force de cohésion existe indépendamment des autres, celle qui s'exerce à de petites distances.

Soit dit en passant qu'elle existe dans les gaz, quoiqu'on ait voulu comprendre que leurs molécules étaient en état continuel de répulsion.

Je pense qu'il n'en est rien ; car si vous observez les bulles de gaz qui se trouvent à la surface d'un liquide, vous voyez les plus petites se porter vers les plus grosses. La cohésion des gaz existe; elle est même très-appréciable, en dehors de la capillarité.

Du reste, on comprend qu'un gaz tend toujours à passer de l'état gazeux à l'état liquide, et enfin à se solidifier ; je crois donc que les molécules tendent à se rapprocher et ne sont pas en continuelle répulsion.

Tout concourt vers l'inertie, et l'on peut se faire une idée des corps à un temps donné de notre globe, tous solides sous l'influence d'un froid suffisant.

On sait que la chaleur de la terre se perd insensiblement, comme l'ont prouvé Fourrier et Poisson.

Au surplus, les gisements géologiques sont là pour attester : 1° la première fusion de la matière terrestre ;

2° L'action séculaire de l'eau, dont nous allons nous occuper.

DE L'EAU, SON ACTION.

L'eau est la substance la plus répandue sur la surface de la terre.

Les continents ne représentent que les deux cinquièmes environ de cette surface.

Les anciens l'avaient placée au nombre des éléments qu'ils croyaient simples, sa masse et son immensité les ayant frappés.

Cette eau, par cela même, doit être prise en grande considération dans l'explication des phénomènes de la nature, puisqu'elle semble étendre son empire sur l'autre portion solide du globe qui, comme le reste, n'en est point submergé.

Ce n'est pas un corps inerte et insignifiant, agité qu'il est dans son étendue, faisant subir sa puissance de dissolution et désagrégation partout.

Je ne parlerai que de l'eau à l'état liquide bien connu.

Remontons à son commencement d'action sur la matière, et voyons quelle force elle peut avoir en battant le flanc des rochers terrestres dès l'instant primitif de sa liquéfaction.

Auparavant, la force de la chaleur régnait et combattait la puissance de cohésion ; elle a cédé sa place à la force d'insolubilité, au premier moment des formations géologiques aqueuses ou neptuniennes.

En ce temps, la vapeur d'eau s'était condensée vers 100° et même au delà, si l'on prend en considération la forte pression occasionnée par l'atmosphère.

Alors quelle puissance de dissolution ne possédait pas l'eau chaude sous une énorme pression !

C'est ce qui explique le premier travail des eaux à la surface du globe, à la transition du terrain igné et du terrain cambrien inférieur; celui qui s'est formé entre les roches anciennes et le terrain silurien inférieur.

Nous verrons cette puissance solvante de l'eau aller toujours en décroissant, en

même temps que sa température s'abaissera et que la pression atmosphérique diminuera.

Le temps que mettront les gisements ou étages à se former de plus en plus longs, par suite de cet affaiblissement progressif de l'action des eaux.

Si je m'étends sur les actions naturelles de l'eau, c'est pour en faire ressortir l'importance originelle. Qu'on me permette de suivre un peu géologiquement l'action dynamique de l'eau, et montrer cet élément toujours en opposition avec la propriété d'insolubilité des corps.

On comprend que les roches anciennes, désagrégées d'abord par l'eau dans les circonstances dont nous avons parlé, c'est-à-dire au commencement de son action, devaient avec assez de facilité désagréger ces roches, favorisées par des bouleversements fréquents qui déchiraient si souvent alors la *croûte* terrestre.

Aujourd'hui, les eaux sur la terre sont en contact avec les différents terrains, soit aqueux, soit ignés; nous pourrons constater leur action sur chacun d'eux.

Cependant, pour ramener le sujet dans ses véritables bornes, je n'aborderai que la formation des couches d'alluvion.

Leur formation est due aux divers agents atmosphériques, à la chaleur, aux vents qui transportent l'eau dans toutes les parties de la terre.

La vapeur d'eau condensée tombe sur les parties qui ne sont pas submergées, les lave et en dissout fréquemment des parties notables.

De plus, l'eau des pluies n'est pas, on le sait, de l'eau distillée.

Cette eau n'est jamais pure et renferme, suivant les différents temps de l'année et les climats, des substances assez diverses.

D'abord, elle contiendra les éléments de l'air qu'elle dissout, l'oxygène et l'azote, l'acide carbonique, de l'ammoniaque (1).

Comme il se trouve, dans les temps d'orage, de l'acide azotique, de l'azotate d'ammoniaque provenant de l'action de l'électricité qui combine les éléments mis en présence, l'action, due tantôt à une réaction acide ou tantôt alcaline, donne plus de puissance à l'eau pour vaincre efficacement l'insolubilité des roches les plus denses.

---

(1) M. Boussingault, dans une note insérée aux Annales de chimie et physique (1853), a calculé que la quantité d'ammoniaque charriée par le Rhin pouvait approcher de 6 millions de kilog. par an à la hauteur de Lauterbourg, ce qui fait 16,245 kilog. par vingt-quatre heures.

Ce sera autant qu'il en faudra pour désagréger à la longue les roches les plus réfractaires, et mettre en présence des éléments dont l'action réciproque donnera la plupart du temps des composés insolubles de solubles qu'ils étaient dans l'eau de pluie.

On objectera peut-être que ce n'est plus l'action de l'eau seule qui, dans ces conditions, hâtera la dissolution, agira chimiquement, non-seulement en formant des hydrates, mais des carbonates et des azotates, et en tant que base ammoniacale, fera passer les sulfates en dissolution......

Ce ne sera qu'un auxiliaire puissant de la force de l'eau ; il hâtera la désagrégation des masses qui, par l'eau seule, arriveraient moins rapidement au même résultat.

Toutes les roches subiront les atteintes de l'eau de pluie ; sa chute en augmentera encore la force destructive, et sa persistance séculaire rendra compte des dépôts prodigieux par elle assemblés.

Les torrents qui amènent au pied des monts ces détritus après les avoir brisés en des dimensions différentes, laisseront attardés les plus gros fragments, lorsque les plus ténus iront plus loin ; les dernières particules en dissolution se déposeront insensiblement au fur et à mesure que l'eau s'en saturera.

Les eaux arrivées dans des bassins tranquilles, les plus grosses particules, tenues en suspension, se déposeront d'abord, les plus petites ensuite, comme par lévigation.

Les sels les plus solubles se concentreront de plus en plus par ce va-et-vient perpétuel.

Par la diversité des substances que peut atteindre l'eau, on saisit que les matières les plus hétérogènes seront mélangées pour se déposer ensemble, devenir plus tard, par un arrangement moléculaire, insolubles, et opposer en d'autres temps une résistance considérable aux causes dissolvantes qui les ont produites.

Les atterrissements déposés par les fleuves nous sont une preuve de plus de l'énergie de l'eau à broyer et à préparer les matériaux les plus insolubles à devenir fins et aptes à passer en dissolution.

Je rappellerai les amas considérables de boue et de sable rassemblés à l'embouchure des grands fleuves, mais surtout du Rhône, du Nil, etc......

Dans cette incessante action dissolvante de corps très-peu solubles, pour la plupart, ces sels naturels entraînés sans cesse dans les mers par les eaux pluviales pures, revenant dissoudre des roches et se charger de nouveau, pour porter dans

les bassins lacustres ou maritimes les produits de leur action, qu'elles y déposent insensiblement.

Les composés les plus solubles, en se concentrant, sont entraînés par la précipitation de ceux qui le sont faiblement.

On sait, en effet, qu'un sel insoluble, en se déposant au sein d'une solution plus ou moins étendue, entraîne avec lui, entre ses molécules, une certaine proportion du corps dissous. La preuve est qu'on arrive souvent difficilement à en débarrasser entièrement le précipité lui-même.

Les proportions de résidus salins varient avec les différents bassins qui les produisent.

La quantité de sels solubles est assez considérable pour qu'on ne soit pas surpris de l'épaisseur des derniers étages géologiques de formation contemporaine.

Les mers méditerranées se font remarquer par le poids plus considérable de résidus qu'elles laissent à l'évaporation.

La mer Morte contient pour 1000 parties, 149 de sels solubles.

D'autres lacs de l'Asie occidentale vont jusqu'à 347 pour 1000 de résidus.

La mer Méditerranée donne seulement 37,65 pour 1000.

La Manche, 3,525 pour 100.

La mer Caspienne, quoique méditerranée, ne laisse que 6,29 et la mer Noire 17,66 pour 1,000.

L'Atlantique varie ses sels solubles de 31 à 36 pour 1,000.

Les mers qui approchent le plus de la saturation sont celles qui laissent le plus d'atterrissements et se comblent plus rapidement que les autres.

Il en découle que les mers sont à peu près saturées aux températures qui leur sont propres, et sans doute la partie inférieure doit être plus saturée que la surface, dont les résultats de l'analyse proviennent surtout.

Je n'ai pas encore signalé un agent destructeur aidant considérablement à la puissante action de l'eau et ne lui étant pas étranger.

Je veux dire la gelée.

A la force expansive de la glace, par son augmentation de volume, quand l'eau passe de l'état liquide à l'état solide, rien ne saurait résister.

Si la roche offre une grande ténacité, l'eau se glisse dans ses interstices, les remplit, entre dans les feuillets parallèles des dépôts de sédiments, se loge dans les cavités sphériques des masses granitiques, gèle bientôt, et tout éclate et se fendille comme sous les influences de la mine.

Les détritus les plus considérables ainsi obtenus proviennent des calcaires marneux appartenant aux couches jurassiques et aux calcaires grossiers, bien connus dans les environs de Paris.

Les roches que la gelée brise, sont par l'eau plus facilement dès lors attaquées.

Passons de ces phénomènes, où la patience est la force, à ceux dont l'impétuosité est le caractère.

Les mers sont bien les réceptacles dans lesquels viennent s'accumuler les matières nécessaires à la formation de l'étage actuellement en voie d'exécution ; elles ne reçoivent pas seulement des fleuves les éléments qu'elles renferment.

En voyant ces portions si petites de la masse des eaux venir enlever des particules terrestres, il est facile de comprendre les ravages produits dans le but de la destructibilité par les masses si prodigieuses des eaux réunies dans le sein des mers.

N'arrivons-nous pas tout naturellement à penser aux phénomènes atmosphériques qui mettent en mouvement ces masses de vapeurs réunies dans les couches supérieures de l'air ?

Les vents, les ouragans, les orages et les marées viennent prêter leur puissant appui à cet acte, dont le commencement remonte si haut et dont la fin ne peut être prévue.

Il faut être témoin des ravages observés par les eaux de la mer, en particulier sur les rivages, avant et après la tempête, pour penser combien est active cette force qui change et bouleverse en peu d'instants les rivages qui ne sont plus reconnaissables après la tourmente.

Un empiétement de la mer sur une roche de falaise argilo-calcaire, fort remarquable, a lieu à Chatelaillon (Charente-Inférieure) ; il est observé depuis le commencement de ce siècle avec attention.

Enfin, je n'oublierai pas de parler des eaux minérales diverses, dont les origines souterraines sont susceptibles de fournir, par dissolution, des produits aussi variables que les couches terrestres qu'elles sont obligées de franchir.

Dans le cas où elles proviennent des terrains primitifs, par la chaleur qu'elles y rencontrent, elles se chargent d'éléments salins qui décèlent leur naissance toute volcanique ; par exemple, le soufre des sulfures alcalins ou alcalino-terreux, annonce, pour les eaux thermales, les roches ignées.

En présence de ces sels dissous dans les eaux de toutes natures, mais en faible

proportion, relativement à la masse de l'eau qui les fait mouvoir, n'est-on pas surpris de rencontrer, toujours, à peu près, les mêmes éléments ?

Si nous en considérons le nombre, nous voyons qu'il est très-restreint.

De plus, ce ne sont pas, comme on pourrait le supposer, les sels les plus solubles, qui sont dans les eaux baignant la surface de la terre.

On dirait qu'ils semblent vouloir attester par cette faible solubilité, la tendance qu'ils ont à résister aux actions perturbatrices des eaux.

A côté de cette infime minorité, nous citerons l'énorme et écrasante masse des corps insolubles que nous passerons en revue dans la partie consacrée aux preuves minéralogiques.

Ainsi, c'est la masse solide du globe, tout entière, luttant contre les eaux à sa surface répandues, s'efforçant dans cet antagonisme de deux puissances, de résister ; la prépondérance demeurant toujours à l'insolubilité.

L'eau on le sait, a une action de combinaison et s'engage dans les sels pour y fonctionner tour à tour comme base ou comme acide, elle constitue même une partie des groupements moléculaires en des proportions fixes qui facilitent les dissolutions.

M. Persoz (1) a fixé dans ces derniers temps la théorie sur ces combinaisons, de sorte que cette puissance de composition est un argument de plus en faveur de l'action dynamique de l'eau sur les sels.

Aussitôt qu'une substance est hydratée, c'est-à dire qu'entre ses molécules se trouve de l'eau interposée ou combinée, la substance devient plus soluble, aussi bien dans l'eau que dans les acides et les autres véhicules.

Ainsi, la propriété de l'acide borique, de devenir soluble dans l'alcool par hydratation, insoluble qu'il était, anhydre.

La silice et l'alumine sont insolubles anhydres et faiblement solubles hydratées.

Dans ces deux combinaisons l'eau fonctionne, d'abord comme base avec l'acide borique et comme acide vis-à-vis des bases, alumine, etc...

En chimie organique, son rôle, par rapport aux acides tartrique, oxalique, citrique, etc... est celui d'une base.

Envers les bases énergiques, l'eau a une telle propension à se combiner que l'on ne peut décomposer ces hydrates à l'aide de la chaleur.

---

(1) Annales de chimie et physique, 1836, 11e série, t. 63, p. 273.

L'hydrate de potasse KO, HO, n'est-il pas un véritable sel ?

La baryte en se dissolvant dans l'eau forme des hydrates fort remarquables BaO, 10HO, la chaleur la plus élevée comme pour la potasse ne peut enlever toute l'eau, de sorte qu'il reste BaO, HO, également indécomposable.

Ainsi pour la strontiane.

La chaux nous offre le même exemple et peut se combiner avec l'eau d'équivalent à équivalent et cristalliser en cette union, comme les hydrates alcalino-terreux.

L'acide carbonique toutefois chasse l'eau d'hydratation pour se substituer à elle; on le comprend chez les hydrates alcalins, mais comment se fait-il que l'eau qui ne peut quitter les terres alcalines par la chaleur, cède sa place à l'acide carbonique pour former des carbonates qui sont décomposables par la chaleur ? La force d'insolubilité nous le dit.

La chaux hydratée est assez soluble, surtout si on n'élève pas la température de la liqueur ; mais elle se transforme rapidement de caustique en carbonate pour devenir insoluble et chasse l'eau d'hydratation pour se mettre à sa place.

Il résulte de là, que l'eau fonctionnant soit comme acide, soit comme base, favorise les dissolutions des combinaisons binaires.

Les terres, l'alumine en particulier, forme un hydrate, mais par la chaleur rouge décomposable. Il en est ainsi à l'égard du peroxyde de fer qui perd son eau d'hydratation comme l'alumine.

Si nous passons aux oxydes métalliques, proprement dits, en suivant l'ordre des classes métalliques, ils sont tous insolubles, celui de plomb, litharge, est cependant un peu soluble.

Nous constaterons en passant, une tendance des oxydes acides de la famille de l'antimoine, qui pour former des sels insolubles, décomposent l'eau en présence cependant d'un oxydant énergique, l'acide azotique.

Pour l'étain, par exemple, nous aurons :

$$4Sn + AzO^5,3HO = 4SnO^2 + AzH^3.$$

L'eau qui a fourni ses éléments pour faire un sel d'étain à base d'ammoniaque, en la faisant intervenir de nouveau, précipitera des sous-sels, et par son action assez prolongée donnera des oxydes les plus insolubles, soit acides, soit basiques.

Je n'insiste pas sur cette merveilleuse propriété, car, j'y reviendrai en temps opportun, aux chapitres réservés à l'insolubilité.

Cette persistance de l'eau est générale, c'est la force antagoniste de l'insolubilité, rendant partout les corps composés qu'elle fréquente, plus ou moins solubles, non-seulement dans l'eau, mais encore dans les acides et les bases les plus énergiques.

L'action de l'eau est donc des plus étendues, puisqu'elle est dirigée vers tous les corps de la nature.

La propension de l'eau que l'on peut appeler une affinité générale, est cependant contradictoire avec toutes les autres.

L'eau n'est pas une substance fixe, elle ne peut chasser aucun élément d'une combinaison.

Elle n'est ni acide, ni base, c'est un oxyde bien indifférent, qui, malgré cette faiblesse apparente d'affinité, s'unit à toutes les combinaisons.

On ne devra pas nommer ce rôle une affinité, parce qu'elle est nulle, relativement à tous les acides, et à toutes les bases qu'elle ne peut déplacer.

J'appellerai cette activité neutre, activité de solubilité.

Dans les combinaisons, relativement solubles, observons que les sels les moins solubles se forment de préférence.

En effet, le chlorure de sodium, très-stable, et moins soluble que l'azotate de potasse, se formera dans une liqueur où se trouveraient réunis préalablement de l'azotate de soude et du chlorure de potassium.

Le chlore et l'acide azotique ont des affinités inverses, et on voit, si l'on met une base moins énergique que la soude, par exemple, le chlore se porter sur la potasse; si l'azotate de la nouvelle base est peu soluble, ou moins soluble que le nitre.

Aussi, le chlore en remplaçant la potasse par la chaux, quittera la potasse pour donner naissance à du chlorure de calcium et du nitre.

Dans tous les composés naturels où l'eau vient s'immiscer, elle facilite les actions des uns sur les autres.

Antagoniste de toute puissance antérieurement établie, l'eau s'efforce d'agir sur les substances pour les dissoudre d'abord, et leur permettre d'écouter et suivre l'impulsion des forces qui les sollicitent à d'autres combinaisons.

Elle arrache aux parties insolubles de la création ses particules qu'elle rend solubles, en les saturant, comme acide ou comme base.

Hydratant la silice, l'alumine... elle en aide la solubilité et en prépare, par une transition insensible, le passage dans des unions de plus en plus solubles.

Antagoniste de la force d'insolubilité, l'eau, dès son apparition sur la terre, semble s'efforcer de détruire, au moyen de la multitude des substances qu'elle met en présence, en en facilitant le contact; elle attaque, avec la patience des siècles, les roches antiques, en entraîne les fragments qu'elle ne peut d'abord dissoudre, les broie, les roule perpétuellement, les disperse et les prépare à la dissolution.

INSOLUBILITÉ MINÉRALE.

CHAPITRE I.

PREUVES GÉOLOGIQUES.

Je passerai en revue, dans l'ordre minéralogique, tous les corps simples métalliques, et suivant leurs combinaisons dans la nature.

Des sels de potassium.

Les combinaisons de la potasse nous offrent une des substances les plus répandues à la surface du globe.

On la rencontre dans les roches volcaniques actuelles et anciennes.

Dans les granits, les filons stannifères, les géodes et les eaux minérales.

Les aérolithes en contiennent, et enfin les corps organiques.

De ces combinaisons naturelles, les plus nombreuses sont celles qui sont multiples, ou de composition très-complexe.

Au premier aspect il semblera paradoxal de vouloir poursuivre l'idée d'insolubilité jusque dans cette série du potassium, dont à peu près toutes les combinaisons occupent la première place en solubilité.

Il est vrai que je trouve le plus grand nombre des sels de cette famille solubles, mais leur accouplement avec ceux des autres classes métalliques dans la nature les rendent insolubles.

Je n'en poursuivrai pas moins mon opinion, en m'appuyant sur les nombreux exemples que nous allons rencontrer, et qui viennent confirmer, aussi bien, mes idées.

Sans doute nous avons dans la nature des sels solubles de potasse, mais c'est le plus petit nombre, et ceux-là n'existent pas en roches ou masses.

Le nitrate de potasse et le chlorure de potassium, répandus partout à peu près, ne peuvent être considérés comme formant des amas importants, comparativement aux autres gîtes dans lesquels se signale la potasse en proportions plus considérables.

Afin de faire mieux saisir le corps simple dont il sera question, je me bornerai à donner la formule chimique du sel naturel impur, dont l'analyse a été faite.

Le sulfate de potasse de soluble devient insoluble par son union naturelle avec le sulfate d'alumine; il est vrai que ce sel se décompose assez facilement et devient plus soluble par son hydratation.

Ainsi l'alunite, dont la formule peut être rapportée à ce type, est très-peu soluble :

$$Al^2O^3, 3\ SO^3 + KO, SO^3, 9\ HO.$$

C'est un minéral assez répandu ; cette substance pierreuse est compacte.

La tendance de la potasse à revêtir une forme insoluble est bien évidente; c'est à cet état qu'elle compose les collines de la Tolfa, près de Rome, ainsi qu'en d'autres lieux.

Après les composés de l'albumine, où la potasse joue un grand rôle, se présente naturellement la silice et ses sels fixes, qui impriment à la potasse, par cet assemblage, une nouvelle insolubilité.

L'alumine et la silice réunies à la potasse offrent un faisceau difficile à rompre par les différents agents de désagrégation.

Quelquefois aussi ces deux acides faibles, aluminique et silicique, cèdent leur place à la magnésie, au fer, au manganèse....., d'où il résulte également une réunion stable et insoluble.

Il nous suffira, pour établir que nos théories reposent sur tous les cas, de citer les minéraux dans lesquels la potasse se rencontre comme élément constitutif; à la vérité elle y sera à l'état de sel double ou triple, etc....., et toujours insoluble.

D'un autre côté, il est connu que tous les sels ordinaires de potasse sont solubles, obtenus artificiellement.

Les uns sont déliquescents, les autres solubles, et enfin une série de moins solubles, dont nous rappellerons le chloroplatinate, l'antimoniate....., c'est-à-dire des sels doubles.

Plus le sel se complique ou ses éléments se multiplient, plus il devient insoluble.

Cette minorité de sels solubles de potasse, étant soumise à des influences diverses de décomposition, on verra les éléments prendre d'autres directions pour s'assembler dans un ordre de plus grand équilibre.

Dès l'instant, disons-nous, que des acides peu solubles par eux-mêmes, comme les acides arsénieux, antimonique, silicique, aluminique, viennent s'immiscer dans les combinaisons potassiques, nous voyons cette base, de soluble dans ses sels ordinaires, devenir insoluble dans les sels multiples, que l'on trouve en abondance dans la nature plutôt que les premiers.

Ce sont ces échantillons nombreux que nous présente la minéralogie, dont nous allons énumérer quelques formules.

On y suivra facilement la potasse dans ses gisements terrestres.

Dans le lépidomelane :

$$3(KO, FeO), SiO^3 + 3Al^2O^3, SiO^3.$$

La nephéline : $3(KO, NaO), SiO^3, 3Al^2O^3, SiO^3$.

La pagodite : de nagyag :

$$3(KO, FeO)\, 2SiO^3 + 7(Al^2O^3)^2, 3SiO^3 + 9HO.$$

L'ittnérite : $3(KO, NaO, CaO), SiO^3 + 3Al^2O^3 + 6HO$.

Citons, pour abréger, seulement les noms des minéraux dans lesquels la potasse est rendue insoluble dans ses sels naturels; ce sont : la pinite, le leucite, l'analcime, l'herschelite, la terre de Vérone, la nacrite, le mica vitreux, la lépidolite.

La péricline, le feldspath potassique ou orthose, de la formule :

$$KO, NaO, SiO^3 + Al^2O^3, 3SiO^3.$$

Le pétrosilex de Nantes :

$$3(KO, MgO, CaO), 3SiO^3\, 4(Al^2O^3), 3SiO^3.$$

La pierre ponce :

$$3(KO, CaO), SiO^3 + 4Al^2O^3\, SiO^3 + 4HO.$$

Nous avons cité les micas, qui contiennent tous de la potasse et pas de soude ; car, selon Dufrenoy, comme les feldspaths, ils appartiennent aux roches granitiques et non stratifiées.

Rappelons l'orthose si utile par ses applications à la fabrication de la porcelaine.

Le feldspath orthose a pour formule générale : $KO, SiO^3 + Al^2O^3, SiO^3$. C'est donc un silicate double d'alumine et de potasse.

Ces feldspaths, par une décomposition lente, se transforment en une argile blanche, qui lavée devient kaolin ou pâte à porcelaine.

Par cette décomposition partielle et cette préparation, le kaolin perd un peu de sa potasse et devient un silicate d'alumine renfermant peu de potasse, quelquefois de la chaux, comme dans la porcelaine fabriquée à Sèvres.

On trouve des composés naturels bien plus variés encore par le nombre de leurs éléments.

Ainsi l'oligoclase en est un exemple frappant :

$$KO, NaO, CaO, MgO, SiO^3 + Al^2O^3, Fe^2O^3, 2SiO^3.$$

Sels du sodium.

Dans la famille du sodium, les sels sont tous solubles, mais moins solubles, en général, que les sels correspondants de potasse.

Nous retrouvons nos témoignages de sels insolubles de soude dans les composés multiples, où se rencontrent l'alumine et la silice, et souvent la potasse.

Outre que nous pourrons énumérer des sels de sodium correspondants à ceux de potassium, c'est-à-dire ceux dans lesquels la potasse est remplacée par la soude, nous avons vu, dans plusieurs minéraux précédents, ces deux bases réunies, saturées par la silice et l'alumine.

Les sels neutres de sodium sont d'une fixité remarquable, très-difficilement décomposables, et se trouvent dans les parties les plus superficielles de la terre.

Toutes les formes des sels de soude, comme le sulfate, l'azotate, les carbonates et le borate, sont généralement peu répandues.

Il n'en est pas de même du sel marin ou chlorure de sodium qu'on retrouve presque partout, du moins dans les formations neptuniennes.

Passant sous silence même ces quantités prodigieuses, tenues en dissolution par les eaux des fleuves et des mers, n'existe-t-il pas le sel gemme en masses ou roches immenses ?

Voilà l'exception dont j'ai parlé. Je n'ai pas voulu et je n'ai pas besoin de l'ex-

pliquer : en énonçant le principe de l'insolubilité, il ne faut la comprendre d'une manière absolue, mais bien relative, car on sait qu'aucun corps n'est complétement et d'une façon absolue insoluble dans l'eau.

Je ne dois pas me dissimuler toutefois que le sel marin, par cela même, semble vouloir se mettre en travers des principes dont je veux établir la base.

En revanche, dans les familles que nous allons examiner, nous remarquerons une persistance vers l'insolubilité qui ne se démentira pas un instant.

Avant de quitter cette série, je ferai observer le nombre considérable de sels sodiques qui sont insolubles et viennent rétablir l'équilibre par le chlorure de sodium un peu rompu.

Les silicates doubles d'alumine et de soude sont très-répandus, et se trouvent mélangés avec le fer peroxydé, la magnésie, la chaux comme la potasse.

Voici les formules d'une série de silicates doubles à base de soude :

La labradorite : $NaO,CaO,SiO^3+Al^2O^3,SiO^3$.

L'oligoclase calcique : $NaO,CaO,SiO^3+Al^2O^3,2SiO^3$.

L'alchmite : $NaO,CaO,SiO^3+Fe^2O^3,2SiO^3$.

L'albite : $NaO,CaO,SiO^3,+Al^2O^3,3SiO^3$.

Le feldspath : $NaO,CaO,SiO^3+Al^2O^3,3SiO^3$.

L'obsidienne : $3\,(NaO,FeO),SiO^3+2Al^2O^3,3SiO^3$.

Le pétrosilex : $NaO.MgO.SiO^3+Al^2O^3,6SiO^3$.

La marékanite opaque : $NaO,SiO^3+Al^2O^3,6SiO^3$.

Le rétinite : $3\,(NaO,CaO,FeO)\,2SiO^3+4Al^2O^3,6SiO^3$.

Enfin une roche argileuse, la cryolithe, employée avec avantage dans ces derniers temps à la préparation de l'aluminium, est un fluorure double de sodium et d'aluminium de cette composition :

$$Fl3Na,Al3Fl.$$

Il existe, unis avec la chaux, la magnésie, le fer et la silice, un grand nombre de minéraux dans lesquels entre aussi la soude.

Pour montrer la propension de cette base vers l'insolubilité, je terminerai en nommant ces minéraux connus : le dipyre, la sarcolithe, l'indianite, la lewyne, etc.

Baryte. — A côté des métaux alcalins dont la plupart des composés binaires et ternaires sont solubles dans l'eau, se trouve tout d'abord une famille,

celle qui nous occupe, dont toutes les combinaisons naturelles sont insolubles.

Quoique le baryum offre ces différences, qu'il n'est pas aussi répandu à la surface de la terre que le potassium ni le sodium, et qu'on ne le trouve que dans les filons stannifères et ordinaires, il est cependant assez connu.

Ses principales formes salines sont :

Le sulfate, le carbonate et le silicate, qui sont insolubles.

Le spath pesant ou sulfate de baryte, quoique assez répandu à la surface de la terre, ne constitue jamais des amas considérables.

Il sert de gangue aux minerais de plomb, de cuivre, d'antimoine, de zinc, d'argent et de mercure.

Après le sulfate de baryte, le carbonate est un minéral insoluble, peu fréquent, mêlé le plus souvent au carbonate de chaux ; il fait présager l'accouplement de la baryte et de la chaux, comme leurs substitutions mutuelles dans un grand nombre de minéraux.

Ces deux bases constitueront par leur alliance des formes d'une grande insolubilité dans les familles dont nous allons parler.

Il se trouvera également au sein de ces combinaisons, pour leur imprimer une union plus étroite, l'alumine, la silice, que de faibles proportions de potasse et de soude ne sauraient rendre solubles.

La baryte déplace souvent les alcalis dans les silicates aluminiques dont nous avons cité les formules dans la section précédente.

En effet, ces silicates peuvent être représentés par ce symbole général :

$$BaO, SiO^3 + Al^2O^3, 3SiO^3 + 6HO.$$

Strontiane. — Cet oxyde et le précédent ont une très-grande analogie ; on les trouve à peu près dans les mêmes gîtes.

Le strontium est un peu moins commun que le baryum, mais leurs formes salines naturelles sont les mêmes.

Toutes sont insolubles.

On a trouvé surtout en Écosse le sulfate de strontiane et en Sicile, mais en général il y est en faible quantité.

La strontiane, comme base, se substitue aux alcalis et aux autres terres alcalines pour constituer des minéraux dont nous établirons la composition, dans l'étude successive des divers corps simples que nous allons passer en revue, ou leurs diverses manières de s'unir entre eux à la surface de notre globe.

Pour n'en mentionner qu'un exemple correspondant à celui de la baryte, je rappellerai la brewstérite :

$$3(BaO, StO) SiO^3 + 4Al^2O^3, 3SiO^3, + 18HO.$$

Chaux. — La tâche devient de plus en plus facile; les exemples d'insolubilité abondent et règnent d'un bout à l'autre de cette série, sans dévier un instant.

Le calcium comme le potassium et le sodium est un des corps les plus répandus.

Il forme des amas considérables depuis les terrains anciens jusqu'aux contemporains, et domine presque partout par ses masses gigantesques en roches, en montagnes et dans les plaines fertiles.

On rencontre le calcium dans toutes les roches volcaniques, dans le granit, les filons, les sources minérales, les aérolithes et les corps organisés.

Il remplit presque sans solution de continuité la chaîne des substances composant le globe.

Outre les minéraux formés de sa propre substance à peu près pure, on rencontre rarement des gisements et des produits métalliques, dont il ne compose une partie, ou tout au moins y est-il en plus grande proportion dans leurs gangues.

Dans l'étude des métaux alcalins, les sels non multiples étaient solubles; les sels doubles, triples étaient seuls insolubles.

Ici, non-seulement les sels multiples sont insolubles, mais aussi tous les composés binaires et les sels le sont.

Partout la chaux ou oxyde de calcium se mêle aux innombrables variétés qui gisent dans la surface terrestre.

Depuis sa plus grande pureté jusqu'à ce que, compagne d'une multitude de combinaisons, elle n'y existe qu'en de faibles quantités.

Les eaux de la mer en sont saturées (1). Le règne animal en renferme sous plusieurs formes des proportions notables.

Dans cette famille, rien n'empêcherait l'existenee des sels les plus solubles sans la force d'insolubilité.

En effet, les azotates et les chlorures ne sont-ils pas déliquescents? C'est à peine si on en constate rarement la présence dans les eaux; c'est sans doute le résultat de la décomposition d'une roche insoluble.

---

(1) Le sulfate de chaux.

Tandis que le sulfate de chaux anhydre ou anhydrite, assez répandu dans les terrains anciens de sédiment, soluble quand il est hydraté, ayant perdu tous ses éléments de l'eau devient insoluble, sans doute parce qu'il a eu à subir l'action de la chaleur; sa cristallisation remarquable semblerait l'attester.

Le gypse ou sulfate de chaux hydraté sélénite, vulgairement nommé *plâtre* après la cuisson, constitue de considérables amas.

Le sulfate de chaux fer de lance, l'albâtre, sont des minéraux du calcium assez connus pour que je m'arrête un peu sur leur histoire.

Lorsque j'énonçais que le calcium était répandu presque partout, et en particulier dans les terrains neptuniens, j'avais en vue principalement le carbonate de chaux.

Il revêt mille formes diverses et contracte des alliances avec une multitude de combinaisons.

Pour preuve, je n'ai qu'à rappeler des marbres les variétés infinies.

Le mélange avec des produits étrangers au carbonate de chaux se fait insensiblement, de sorte qu'on peut suivre dans toute la dégradation, jusqu'au minéral qui ne contiendra plus relativement à son poids qu'un atome de carbonate de chaux, à partir du marbre le plus pur.

C'est le composé dont on peut admirer les roches les plus colossales et dont les montagnes nous montrent les blocs gigantesques, d'autant mieux qu'ils sont à la surface de monts comme appartenant au terrain secondaire.

Ces marbres, pour résister aux actions décomposantes qui sollicitent leurs éléments, qui grâce à la volatilité de l'acide carbonique peuvent assez aisément se séparer, ont subi deux espèces de cristallisations.

La première est une cristallisation ignée partielle.

Elle ne semble avoir dû produire que de la chaux caustique et de l'acide carbonique.

Il suffira, pour comprendre que le carbonate de chaux peut cristalliser par voie de fusion, de penser à l'expérience tentée pour la première fois en 1804 par le physicien anglais James Halle.

Les marbres les plus remarquables formés de cette manière, par leur beauté et la masse de leurs gisements, sont d'abord : le marbre de Paros, celui d'Égypte, qui ont servi à tailler les anciennes statues; le marbre de Tarare, qui sert également à la statuaire; les marbres colorés par les différents oxydes métalliques. Le bitume et des corps organisés brûlés prouvent aussi le voisinage de la chaleur, ca-

pable de mettre à nu le carbone des substances organiques à côté de ces marbres.

A ces conditions, sans doute, se trouvait réunie celle de l'enfouissement et par conséquent de la pression, l'absence de l'oxygène de l'air capable d'achever la combustion de tout le carbone de la matière organique, demeurée en partie mélangée aux carbonates calcaires, les a colorés en noir.

On voit bien une partie de l'oxygène se trouvant dans ces bitumes ou autres matières organiques, pouvant sans le secours de l'air brûler une certaine proportion du carbone et se changer en acide carbonique, devenir une source de ce gaz, dont la chaux par la pression devenait avide.

C'est une manière d'envisager le phénomène et de le rapprocher peut-être de la vérité, en ajoutant une raison de plus pour favoriser la pression, supposée par sa naissance toute naturelle, causée par l'expansibilité de l'acide carbonique surchauffé.

En effet, il est bien certain que ce gaz pouvant naître au sein de la décomposition organique dont nous parlons, avait, pour s'échapper, à vaincre l'épaisseur de la couche terrestre, le séparant de la surface du globe, couche le plus souvent impénétrable.

De là deux forces agissant pour produire une énorme pression :

1° Naissance et dégagement d'acide carbonique ;

2° Chaleur augmentant le volume de ce gaz.

L'espace dans lequel pouvait être contenu l'acide carbonique devait être restreint, et la quantité de gaz très-grande; ces raisons suffisent pour donner une idée exacte de la pression du carbonate de chaux et de sa cristallisation par voie de refroidissement plus ou moins long, qui donnait des grains de marbres ou cristaux plus ou moins volumineux.

En admettant ces explications, il faut supposer que le carbonate de chaux, formé préalablement par voie aqueuse, puis, plus tard, engagé sous des superpositions successives de carbonate neptunien, par un déchirement d'une partie du terrain granitique sous-jacent, se sera approché du feu central pour y entrer dans les phases de tr nsformation dont il vient d'être parlé.

De plus, on comprend qu'il pouvait y avoir, comme le pensent beaucoup de naturalistes, une atmosphère très-dense et assez épaisse, à une température ou plusieurs métaux étaient gazeux; tel le mercure ajoutait une pression considérable sur les couches terrestres déjà formées.

La première théorie convient surtout aux marnes du terrain de transition supé-

rieur, qui touche le terrain houllier générateur de l'acide carbonique; on retrouve du reste, dans cette partie intermédiaire des deux terrains, des marbres complétement noirs.

Après ces formations aqueuses du début et si voisines des terrains ignés, viennent des carbonates de chaux, n'ayant ressenti peu ou point les influences du calorique.

C'est pourquoi le grain en est très-fin et la ténacité en va toujours en diminuant, pour être presque nulle dans la craie et le terrain d'alluvion contemporain.

Ces carbonates calcaires peu compactes sont, par l'acide carbonique de l'air, transformés peu à peu en bicarbonates et passent en dissolution par la persistance séculaire des eaux pluviales à les attaquer.

Cet excès d'acide, quand l'eau s'est évaporée, s'échappe de nouveau dans l'air et laisse ces dépôts admirés dans les grottes, sous les noms de *stalactites* et *stalagmites*.

A ce cortége nombreux de carbonates calciques, appartient le spath d'Islande, dont la transparence remarquable, la cristallisation rhombique et la propriété de double réfraction offrent un grand intérêt.

Après l'aragonite viennent tous les carbonates calciques unis à des carbonates métalliques isomorphes.

La dolomie ou carbonate de magnésie se vient mélanger au carbonate de chaux.

De deux bases différentes nous passons à trois si un autre carbonate alcalin terreux ou de la deuxième section métallique vient s'y confondre.

De même les autres mines de chaux se compliquent d'autres acides et de métalloïdes qui en rendent la cohésion plus grande.

Dans la chaux fluophosphatée, l'insolubilité est plus considérable en augmentant en raison des éléments. En voici, du reste, la composition : $3CaO, PhO^5 + Ca, Fl, Cl$.

Pour en finir avec la chaux, je vais énumérer quelques types naturels de minéraux calciques en les faisant suivre de leur composition pour faciliter et éclairer le raisonnement.

Après l'acide phosphorique on voit l'acide arsénique dans la chaux arséniatée : $2CaO, AsO^5 + 6HO$.

La chaux antimoniée : CaO, MnO, FeO, Sb^2O^3.

La chaux tungstatée : CaO, WO^3.

La chaux titanée : $CaO, 2SiO^3 + 2CaO^3, 3TiO^2$.

La chaux borosilicatée : $3CaO, BO^3 + 3CaO, 4SiO^3, 3HO$.

En signalant les silicates de chaux dont le nombre est incalculable par les variétés minéralogiques, je ne donnerai que quelques formules de familles.

Wallastonite : $3CaO$, $2SiO^3$.

Augite : $3CaO, 2SiO^3 + 3MgO, 2SiO^3$.

Épidote : $2(Al^2O^2, Mn^2O^3) SiO^3 + 3(CaO, FeO, MnO) SiO^3$.

Anorthite : $3Al^2O^3, SiO^3 + 3CaO, SiO^3$.

Hornblende : $Al^2O^3, 2SiO^3 + 2(CaO, MgO) 2SiO^3$.

Mesolithe : $Al^2O^3, SiO^3 + (CaO, NgO), SiO^3 + 3HO$.

Prehnite : $Al^2O^3, SiO^3 + 2(CaO), SiO^3 + HO$.

Le pyroxène : $3CaO, 2SiO^3 + 3MgO, 2SiO^3$.

Les amphiboles offrent un grand nombre de variétés, mais on les réduit en groupes dont la composition présente le plus d'analogies.

La trémolite a une composition assez remarquable : $4(CaO, MgO), SiO^3$.

L'amiante de la tarantaise, ayant la même composition que l'amphibole vert : $CaO, SiO^3 + 3(MgO, FeO) 2SiO^3$ (Berzelius).

Telle est cette famille du calcium, dont trois sels ou composés se trouvent en faible proportions en dissolution dans l'eau des mers et des fleuves ; ce sont : le chlorure de calcium, le sulfate de chaux et le bicarbonate de chaux.

La multitude des autres combinaisons, occupant par sa masse une bonne partie de la terre, sont complétement insolubles dans l'eau.

Magnésie. — Le magnésium nous fournit l'exemple d'un des corps les plus répandus sur la terre et les combinaisons les plus nombreuses et les plus considérables sont insolubles.

Dans les mêmes endroits et souvent réunis, on trouve le calcium et le magnésium, le premier toutefois plus abondant que le second. Je dois faire observer tout d'abord le petit nombre de sels solubles que l'on rencontre dans les eaux provenant de la famille du magnésium.

Le sulfate de magnésie retrouvé dans quelques sources, provient probablement de la décomposition du gypse en présence de la dolomie ; il y a transformation du gypse en carbonate de chaux.

Cette décomposition tout exceptionnelle se rencontre rarement et ne se produit qu'en faibles proportions.

Si la chaux hydratée, la baryte et la strontiane sont solubles à des degrés différents, la magnésie l'est très-peu.

Des substances solubles dans un état de division extrême, ayant subi l'action de la chaleur, peuvent devenir insolubles.

Remarquons le cas de la magnésie, soluble dans l'eau et les acides, devenir insoluble même dans les acides après l'action de la chaleur.

Ce phénomène se retrouve non-seulement ici, mais se reproduit encore chez les oxydes indifférents des terres proprement dites.

La force de cohésion est donc l'antagonisme de la force d'affinité.

La chaleur, loin d'atténuer l'insolubilité, semble l'exalter.

Les combinaisons magnésiennes ont une grande analogie avec les combinaisons calcaires, toutes sont insolubles dans l'eau et d'une grande fixité, aussitôt que se joint à la magnésie ou l'alumine ou la silice, comme dans:

Le spinelle : MgO, Al^2O^3.

Le péridot: MgO, SiO^3.

Les silicates de magnésie sont très-nombreux et varient de composition en s'éloignant plus ou moins de la pureté, et de la formule simple du silicate alcalino-terreux.

Beaucoup de ces variétés sont très-répandues.

Le talc, par exemple, offre un mélange de silicate d'alumine en différentes proportions, de peroxyde de fer, de potasse et d'eau.

La magnésite ou écume de mer a une composition très-complexe, mais peut-être ramenée à ce symbole: $2MgO, SiO^3 + 5HO$.

La serpentine ou hydro-silicate de magnésie diffère peu de la magnésite; sa composition varie à peu près dans les mêmes limites.

Sa formule type est: $9MgO + 4SiO^3 + 6HO$.

Dans la cordiérite, un élément de plus vient se joindre aux composés déjà si stables et si insolubles dont nous parlons.

Sa composition est en effet ainsi considérée : $3Al^2O^3, SiO^3 + 3MgO, 2SiO^3$.

Alumine. — Si tous les métaux dont nous avons parlé, tant alcalins qu'alcalino-terreux, ne peuvent exister à l'état natif, il en est de même des métaux terreux.

L'alumine ne présente que des combinaisons naturelles insolubles.

Avec le calcium, l'aluminium est le corps le plus répandu, ses masses les plus puissantes appartiennent aux terrains ignés.

En outre, on le rencontre dans la plupart des roches profondes, jusqu'à la surface du terrain actuel.

L'alumine hydratée est très-peu soluble dans l'eau.

Je signalerai seulement huit espèces naturelles d'alumine. en suivant leur composition et débutant par la plus simple :

1° Le corindon ;

2° L'alumine hydratée : $Al^2O^3 + 3HO$;

3° L'aluminite : $Al^2O^3 + 9HO + SO^3$;

Une autre neutre ; $Al^2O^3, 3SO^3, 18HO$;

4° L'alumine phosphatée qui se combine avec divers oxydes métalliques, ceux de cuivre, de plomb, est dans l'alumine phosphatée plombo-cuprifère, avec le cuivre, le fer, et quelque fois le manganèse dans la turquoise ;

5° L'alumine fluo-phosphatée :

$$Al^2O^3, 3PhO^5 + 2(Al^2Fl^3) + 2Al^2O^3 + 18HO.$$

6° La topaze est un silicate d'alumine fluoruré de cette forme : $2Al, 3Fl + 5Al^2O^3, SiO^3$.

7° Le type du silicate d'alumine est très-remarquable et varie de deux manières dans sa composition.

C'est d'abord un silicate simple anhydre ou hydraté, et un silicate dans lequel viendront s'adjoindre tous les oxydes. alcalins et alcalino-terreux, du fer, du manganèse.....

Ces silicates d'alumine très-variés offrent un ensemble de minéraux des plus remarquables ; il suffira de les nommer pour en rappeler l'importance et la valeur.

Le disthène : $3Al^2O^3, 2SiO^3$.

L'andalousite : $4Al^2O^3, 3SiO^3$.

La macle : $4Al^2O^3, 3SiO^3$.

La staurotide : $2(Fe^2O^3 + Al^2O^3), SiO^3$.

Le grenat de protoxyde de fer : $Al^2O^3, SiO^3 + 3(FeO), SiO^3$.

Le grenat de protoxyde de manganèse, c'est un silicate de peroxyde d'alumine et de fer, et de protoxyde de fer et de maganèse :

$$Al^2O^3, Fe^2O^3, SiO^3 + (MnO, FeO)^3 + SiO^3.$$

Dans ce grenat où la chaux et la magnésie viennent s'ajouter à la formule précédente, on a : $Al^2O^3, SiO^3 + 3(CaO, MgO, MnO, FeO) SiO^3$.

Le grenat magnésien chromifère contient autant de bases que d'acides moins un :

$$Al^2O^3, Cr^2O^3, SiO^3 + 3(MgO, CaO, MnO, FeO), SiO^3.$$

La tourmaline, si remarquable par ses propriétés électriques, varie de la composition des grenats en ce que l'acide borique semble remplacer un équivalent d'acide cilicique :

$$3Al^2O^3,\ SiO^3 + 3(FeO,\ MnO,\ MgO,\ CaO)\ SiO^3 + KO,\ NaO.\ BO^3.$$

Formule complexe, montrant que les corps cherchent à s'unir pour mieux résister aux actions de la chaleur par la fixité, et aux décompositions chimiques par l'insolubilité complète de ce mélange, dont cependant quelques-uns des éléments sont dissolubles.

8° L'alumine hydro-silicatée.

La tourmaline nous montre une multitude de combinaisons plutôt qu'un sel défini ; malgré cette variation si grande, on retrouvera toujours dans les argiles, sinon des composés nombreux pour un seul minéral, du moins le même type qui s'unira tour à tour avec les bases étudiées, et enfin avec l'eau en diverses proportions.

L'argile pure : $3Al^2O^3,\ SiO^2 + 16HO$.

Manganèse. — Entre l'alumine et le manganèse se trouve une série de corps simples de peu d'importance et dont les minéraux, aussi restreints que peu considérables, ont à peu près les mêmes propriétés que les composés de l'alumine.

Dans l'histoire des différents corps, au point de vue de l'insolubilité, si la plupart se trouvent à cet état dans la nature, en entrant dans le nouvel ordre de métaux proprement dits, nous voyons encore la même propriété persister.

Dans les corps jusque-là énumérés, nous n'avons parlé généralement que des combinaisons oxygénées les plus saillantes ; nous allons rencontrer une autre série de composés aussi importante que celle de l'oxygène par rapport à notre sujet.

Vis-à-vis des métaux, le soufre se vient placer l'égal de l'oxygène ; sa prédilection ou affinité pour eux est des plus curieuses.

Le soufre chassera l'oxygène pour donner un sulfure insoluble, plus ou moins stable en présence de l'oxygène.

On verra bientôt, dans la masse des sulfures naturels, la ténacité du soufre pour les métaux.

Dans le manganèse, la présence du soufre se signale seulement en faibles pro-

portions pour apparaître dans le fer comme une partie essentielle de ces minerais les plus répandus.

Quant aux combinaisons oxygénées du manganèse, c'est sans contredit le peroxyde le plus connu et le plus considérable.

Fer. — Des métaux abordons le plus utile, le plus noble; celui-ci règne par la force et l'abondance.

Jusqu'ici nous avons vu les métaux tellement avides d'oxygène et soumis à des influences si oxydantes, qu'on est étonné de trouver le fer natif dans la nature, en pensant surtout qu'il est oxydable à l'air humide.

C'est le premier qui se présente sous cette forme, en bien faible proportion il est vrai; car il marque surtout la transition entre les terres et les métaux proprement dits. Aussitôt que le fer natif contracte une alliance, c'est pour constituer un composé insoluble, l'oxyde maximum de fer.

Où le soufre se trouve, le fer s'unit à lui; il en est tellement avide que la série des sulfures de fer est immense.

On remarque dans les sulfures de fer naturels, si insolubles, une propriété appartenant surtout à l'oxyde de fer Fe^3O^4; c'est le magnétisme ou la propriété d'attirer le fer métallique.

Les formules des sulfures de fer correspondent à celles des oxydes, bien qu'on ait voulu attribuer au bisulfure le symbole FeS^2, correspondant à l'acide ferrique non isolé.

Est-il besoin de m'étendre et de décrire ces pyrites, dont la composition varie d'une façon si indépendante de toutes considérations moléculaires ou atomiques?

Avec les composés alcalins et terreux, les métaux comme le zinc, le cuivre, le plomb..... viennent se mêler aux pyrites.

En présence de l'air humide, le bisulfure, de fer surtout, passe à l'état de sulfate soluble; de ces pyrites grillées, on peut extraire l'acide sulfurique, le sulfate de fer et l'alun quand elles sont alumineuses.

Les sulfures de fer datent de la période géologique ignée, mais on en rencontre des débris dans une multitude de terrains de formations subséquentes.

La dureté de ces pyrites peut être comparée à celle du silex pyromaque, puisqu'elles produisent l'étincelle par leur choc avec l'acier,

Après le soufre, on trouve dans la série des composés binaires ferrugineux les arséniures et les arsénio-sulfures : $FeS^2 + FeAS^2$.

Viennent ensuite les masses énormes de peroxyde de fer, du fer oligiste qui est noir brillant et de la pierre hématite.

L'hydrate de peroxyde de fer, très-répandu dans la majeure partie des terrains, existe en plus grande abondance dans le terrain jurassique ; c'est ce minerai exploité en France, dans l'industrie métallurgique du fer.

Le carbonate de fer isomorphe avec la dolomie et le spath d'Islande s'accompagnent le plus souvent.

Les phosphates de fer sont également insolubles ; on sait que leur composition varie en présence de l'air ; le fer s'y trouve au maximum et au minimum.

Dans le même ordre de combinaisons, nous rappellerons le fer arséniaté cubique :

$$FeO,\ AsO^5 + 3\ Fe^2O^3,\ 2AsO^5 + 18HO.$$

Le chrome joue le même rôle que l'acide arsénique et l'acide phosphorique vis-à-vis du fer, dans le fer chromé.

Enfin, dans la famille du fer, je terminerai par les silicates et aluminates si insolubles.

Le fer y existe à ses deux degrés d'oxydations salifiables.

L'anthrosidérite : $Fe^2O^3,\ 3SiO^3 + HO$.

Thraulite : $3FeO,\ SiO^3 + 3FeO,\ 2SiO^3 + 15HO$.

L'hisingerite : $Al^2O^3,\ 2SiO^3 + 3[6(Fe^2O^3)\ SiO^3] + 12HO$.

La berthierine : $2[6(FeO)\ SiO^3] + 3(FeO)\ Al^2O^3,\ 3HO$.

Cuivre. — Je n'ai plus à parler que de quelques métaux les plus usuels, les plus connus ; tels sont : le zinc, le plomb, l'argent, l'étain et le mercure.

Ceux que je passerai sous silence sont ou peu importants, comme le nickel et le cobalt, dont les mines sont très-rares, ou bien des métaux régulins, or, platine, dont les combinaisons naturelles sont fort restreintes.

Certains autres métaux, par leurs unions nombreuses avec ceux déjà décrits, n'auront pas besoin d'une histoire particulière, car leur principal intérêt géologique se rattache à l'histoire des seconds.

L'arsenic et l'antimoine, par exemple, s'unissent avec les métaux comme le fer dont il vient d'être fait mention.

Le cuivre est également mêlé au fer dans les pyrites, il s'y trouve aussi à l'état

de sulfure de cuivre, et lorsqu'il domine dans une pyrite, elle est alors appelée *pyrite de cuivre.*

J'énumèrerai quelques-unes de ces combinaisons pour faire comprendre la grande affinité du soufre pour les métaux, et que les sulfures métalliques naturels sont des métaux les formes les plus abondantes et les plus vulgaires.

Le cuivre panaché : $FeS + 2Cu^2S$.

Dans d'autres sulfures, la composition est quelquefois si complexe qu'on y compte jusqu'à six métaux.

En effet, le cuivre gris renferme, outre le soufre, de l'antimoine, de l'arsenic, du fer, du zinc et de l'argent.

En même temps que les sulfures des métaux deviennent prédominants, les oxydes diminuent.

Les oxydes de cuivre sont très-rares.

L'arsenic, dans cette famille, se substitue au soufre pour engendrer des arsénites et arséniates :

$$6CuO,AsO^3 + 4HO \text{ et } 4CuO,AsO^5 + 7HO.$$

On trouve également le phosphore :

$$4CuO,PhO^5 \text{ et } 5CuO,PhO^5,2HO.$$

La silice, dans la dioptase : $3CuO,2SiO^3,3HO$.

Parmi les minéraux du cuivre, remarquables par leurs nuances bleues et vertes de la plus grande richesse, nous ne devons pas oublier le carbonate de ce corps simple.

L'arsénite : $2CuO,CO^2 + CuO,HO$ (Berzelius).

Nous avons observé le fer sulfaté provenant de la décomposition des pyrites ferrugineuses ; celui du cuivre existe en très-faibles proportions dans la nature, et crmme le sulfure de fer produit le sulfate par oxydation, de même le sulfure de cuivre donne le sulfate.

Ces minerais sont exploités en grand pour la production du cuivre métallique.

Plomb. — Le plomb, assez commun sur le globe, s'y présente sous un nombre varié de combinaisons chimiques.

Sa mine la plus importante est la galène ou sulfure de plomb ; outre sa gangue, on y rencontre divers sulfures métalliques unis à celui de plomb.

Les divers gisements de ce minéral occupent les gneiss et les micaschites, le terrain de transition et le secondaire, enfin le lias. Le sulfure de plomb s'unit au

sulfure d'antimoine dans le fédererz : $2PbS + Sb^2S^3$. Augmenté du sulfure de cuivre dans le bournonite : $2PbS + Sb^2S^3 + Cu^2S$. L'argent s'ajoute et remplace le cuivre dans cette dernière formule : $2PbS + Sb^2S^3 + AgS$.

Dans cette importante forme de la galène, nous ferons remarquer la tendance du soufre à rechercher ces métaux pour donner des combinaisons des plus insolubles. Ce sont, du reste, les composés naturels de ces métaux les plus importants.

Lorsque l'oxygène apparaît dans les minéraux salins, c'est pour constituer des acides qui saturent l'oxyde de plomb en produisant également des corps insolubles.

Dans le plomb tungstaté : $PbO.TgO^3$; molyddaté : PbO,MbO^3; vanadaté : $3PbO.2VO^3$; chromé : PbO,CrO^3.

Le chlorure de plomb, qui est peu soluble dans l'eau, s'unit aux acides phosphorique et arsénique saturés par des excès d'oxyde de plomb dans ces formes naturelles :

$$3(PbO),PhO^5 + PbCl^2.\ 3(PbO)AsO^5 + PbCl^2,$$

pour devenir plus insolubles que dans le chlorure de plomb pur.

L'alumine sature aussi l'oxyde de plomb dans un composé très-réfractaire : $PbO,Al^2O^3,6HO$.

Avant de passer à l'argent, je signalerai deux modes naturels d'une famille intermédiaire entre le plomb et l'argent ; je veux dire le sulfure de mercure, et le protochlorure de mercure très-rare, qui sont les deux mines les plus importantes de ce métal.

Bien entendu que ces deux composés sont insolubles, et le protochlorure s'est formé de préférence au bichlorure qui est soluble, parce qu'il est insoluble.

L'ARGENT. — Outre la mine native d'argent, dont nous ne nous occuperons pas, se présentent les différents sulfures d'argent.

L'affinité du soufre prédomine encore pour les mêmes raisons que nous avons données.

Le sulfure d'argent est assez important par sa masse; il s'unit à d'autres sulfures d'arsenic ou d'antimoine.

D'abord dans la proustite : $3AgS + As^2S^3$, et l'argyrithrose : $3AgS + Sb^2S^3$, etc.

De nombreux corps simples viennent ensuite compliquer les minéraux sulfurés de l'argent, d'où l'on a fait le nom de la polybasite : $8AgS + 5Sb^2S^3 + 6(Cu^2S + FeS)$.

En terminant la série métallique par l'or, on voit encore le soufre représenté par un membre de sa famille dans l'or telluré argentifère : $AgTe + 3AuTe^3$.

L'or telluré plombifère :

$$2Pb, Te + Au^2Te^3.$$

INSOLUBILITÉ CHIMIQUE ARTIFICIELLE.

CHAPITRE II.

PREUVES CHIMIQUES.

Ayant parcouru dans l'ordre minéralogique les transformations de la matière, et constaté que ces tendances sont perpétuellement tournées vers l'insolubilité, il ne me reste plus qu'à poursuivre ma tâche vis-à-vis d'un petit nombre de corps simples, peu répandus pour les uns, et métalloïdes pour les autres.

Pour restreindre autant que possible en de justes limites ce sujet, je ne ferai que généraliser la plupart des phénomènes que j'énumérerai.

Ainsi, l'oxygène, ce premier métalloïde, a trouvé sa place toute naturelle dans presque toutes les combinaisons mentionnées.

Quant à l'azote, son rôle principal et si remarquable est dans le règne organique ; je me suis imposé de ne le point poursuivre dans mon sujet, afin de rester dans l'ordre minéral.

Du chlore, du brôme et de l'iode, des mines insolubles nous présentent des chlorures, bromures et iodures d'argent et de mercure comme composés binaires ; mais dans la série oxygénée du chlore qu'on peut considérer comme formée de composés dans un état d'équilibre plus ou moins stable, tendant tous vers l'insolubilité, équilibre stable ou force dominante.

En présence de l'acide chlorhydrique, par exemple, l'acide hypochloreux est décomposé, le chlore est régénéré ; il se forme de l'eau, et l'hydrate de chlore cristallise : $ClO + HCl = HO + 2Cl$ (Pelouze, Frémy).

Les autres combinaisons oxygénées du chlore se comportent de même ; seule-

ment la quantité d'eau est plus considérable, elle croît comme les proportions d'oxygène

$$ClO^5 + 5HCl = 5HO + 6Cl.$$

$$ClO^5 + HCl = HO + ClO^4,Cl.$$

Si l'on remplaçait l'acide chlorhydrique, dans ces réactions, par l'hydrogène sulfuré, il se produirait un dépôt de soufre;

car on a : $$ClO^5 + 5HS = 5HO + 5S + Cl.$$

Quant à l'action des corps simples les uns sur les autres, ou sur diverses combinaisons, le corps simple le plus insoluble sera déplacé par le plus soluble, ou celui qui formera des composés moins solubles qu'avec le corps simple expulsé, suivant en cela la troisième loi de Berthollet.

Le soufre en présence de l'oxygène, dans des combinaisons binaires, se séparera de son union pour se précipiter grâce à son insolubilité dans l'eau.

En effet, chacun connaît la facile décomposition de la dissolution de l'hydrogène sulfuré dans l'eau en présence de l'air :

$$HS + O + HO = 2HO + S.$$

L'acide sulfureux produit le même effet

$$2HS + SO^2 = 2HO + 3S \text{ (Pelouze et Frémy).}$$

Si l'on fait intervenir des métaux dans les réactions où le soufre joue le rôle principal, on verra ce métalloïde abandonner de l'oxygène pour donner naissance à des combinaisons insolubles :

$$3Zn + 3SO^2,HO = ZnS + (ZnO,SO^2)^2,HO.$$

Le sulfure de zinc est insoluble, le sulfite de zinc est peu soluble.

Les sulfites et les sulfates solubles passent rapidement à l'état insoluble, aussitôt que les éléments qui en facilitent la mutation à ce nouvel état d'équilibre plus stable sont mis en leur présence.

Ces phénomènes se produisent également dans la série thionique soit par rapport aux acides eux-mêmes, soit par rapport aux sels qu'ils forment avec les bases.

L'acide hyposulfureux se change en acide sulfureux et dépose du soufre ;

$$S^2O^2 = SO^3 + S.$$

Le trithionate de potasse abandonne aussi du soufre :

$$KO,S^3O^5 = KO,SO^3 + SO^2 + S.$$

Le sélénium et le tellure se comportent exactement comme le soufre relativement à la force d'insolubilité.

Le phosphore en présence de l'oxygène forme de l'acide phosphorique, si la quantité de ce gaz est suffisante toutefois. L'oxyde de phosphore formé dans le cas contraire, en partie, cède son oxygène, met à nu du phosphore, tandis que le reste de l'oxyde de phosphore passe à l'état d'acide phosphorique

$$5Ph^2O = PhO^5 + 9Ph.$$

Deux autres métalloïdes, le silicium et le bore, présentent rarement, surtout dans la nature, des combinaisons solubles. On sait sous combien de formes la silice nous offre le caractère de l'insolubilité par excellence.

Le bore comme le silicium n'existent pas natifs, mais oxydés et fonctionnant comme des acides. L'acide borique est moins commun que l'acide silicique, mais peu soluble.

De l'arsenic, l'orpiment et le réalgar, deux sulfures de ce métalloïde, représentent la force d'insolubilité dans ce genre.

Nous avons déjà décrit les nombreuses formes naturelles des corps simples les plus répandus, ceux qui sont plus rares sur le globe et dont l'histoire n'a pas été faite. Nous en citerons quelques combinaisons artificielles, obtenues dans les laboratoires.

Dans ces composés, il sera facile de suivre la même force chimique, signalée jusqu'ici dans les masses gigantesques des sels naturels, étudiés au point de vue géologico-minéralogique.

Ces corps simples, peu abondants, sont précisément l'intermédiaire entre les métaux et les métalloïdes dont il vient d'être fait mention.

Je veux parler de l'antimoine.

Examinons les phénomènes qui se passent lorsque la force de l'insolubilité dans l'eau se manifeste sous nos yeux.

Dans les sels solubles et déliquescents de l'antimoine, comme les chlorures, qui sont décomposés par un excès d'eau et transformés en oxychlorures, puis par des lavages suffisamment prolongés, en oxydes d'antimoine purs, c'est-à-dire en composés de plus en plus insolubles.

Ainsi le protochlorure d'antimoine Sb^2Cl^3 par l'action de l'eau se transforme en partie en oxyde aux dépens de l'eau qui cède ses éléments et en acide chlorhydrique demeurant dans la liqueur.

La poudre d'algaroth ainsi produite, ou oxychlorure d'antimoine $Sb^2Cl^3, 2Sb^2O^3, HO$, lavée sur un filtre ou par décantation, s'augmente insensiblement de nouveaux équivalents d'oxyde d'antimoine; on a bientôt, suivant M. Péligot : $Sb^2Cl^3 5Sb^2O^3$. Enfin, si l'on continue les lavages, on obtient une certaine proportion d'oxyde d'antimoine hydraté, dépendant de la proportion d'eau relative à celle d'oxychlorure sur laquelle on aura opéré.

On peut représenter la décomposition par cette égalité :

$$6Sb^2Cl^3 + 15HCO = Sb^2Cl^2 + 5Sb^2O^3 + 15HCl.$$

Agissant sur le perchlorure d'antimoine Sb^2Cl^5, il y a de l'acide antimonique produit sans chlorure restant : $Sb^2Cl^5 + 5HO = Sb^2O^5 + 5HCl$.

La raison qui semblerait occasionner la précipitation de cet acide, c'est qu'il est insoluble, surtout dans l'acide chlorhydrique qui se forme en même temps.

En choisissant un métal qui ne donne pas des oxydes acides comme l'antimoine, oxydes jouissant d'une certaine solubilité dans l'eau, moins grande toutefois que les sous-sels d'où ils proviennent, nous observerons beaucoup mieux la dégénérescence du sel neutre en sous-sel de plus en plus basique pour aboutir enfin, à la suite de lavages, à l'oxyde complétement insoluble du métal en question.

Le bismuth, entre autres, peut être cité surtout, car les besoins pharmaceutiques et industriels du blanc de fard ont permis aux fabricants d'étudier tout spécialement les produits assez variables livrés au commerce. Il est rare de donner des sous-nitrates de bismuth de différentes venues de composition identique.

Les résultats dépendent des lavages du précipité, de sorte qu'il est facile de comprendre pourquoi ces sels varient dans leur composition.

Duflos s'est occupé de déterminer exactement la quantité d'eau nécessaire à un poids donné de nitrate de bismuth pour le laver assez et pour avoir en même temps la moindre perte. Entre 16 et 128 parties d'eau les pertes sont à peu près les mêmes ; on obtient entre ces deux limites 45 p. 100 de sous-sel de bismuth.

Plus la proportion d'eau est faible, moins il reste de sous-nitrate de bismuth ; plus la proportion d'eau est grande, dans la limite indiquée, plus il y a de sous-sel produit.

MM. Duflos et Soubeiran se sont arrêtés à vingt-quatre fois le poids du nitrate de bismuth obtenu.

Si alors que le sous sel de bismuth est formé, on le lave à l'eau froide, et sur-

tout à l'eau bouillante ; il perdra en poids et deviendra bientôt de l'oxyde de bismuth légèrement jaunâtre.

Afin de mieux comprendre ces transformations, nous mettons en regard une équation dans laquelle on trouvera, au second membre, un mélange de sous-nitrate de bismuth, de sous-nitrate bibasique, tribasique, de l'oxyde de bismuth hydraté, et enfin du nitrate de bismuth neutre.

$$9Bi^2O^3,AzO^5,HO + 15HO = Bi^2O^3,AzO^5HO + 2\,(Bi^2O^3),AzO^5,HO, + 3(Bi^2O^3)AzO^5,HO + Bi^2O^3HO, + 2(Bi^2O^3,3AzO^5,10HO).$$

Il se séparera une partie de nitrate de bismuth à chaque lavage, et les sous-sels devenant de plus en plus basiques constituent rapidement de l'oxyde qui reste seul au moment précis où la réaction de l'eau de lavage sur le tournesol est neutre.

On a conseillé de laisser le sous-sel assez acide aux réactifs colorés. C'est bien vague. L'opération devient encore plus délicate lorsqu'il s'agit de précipiter les eaux de lavage au moyen d'un alcali; c'est alors qu'il se produit de grandes quantités d'oxyde de bismuth.

Nous allons retrouver dans les sels de mercure et de zinc les mêmes phénomènes.

On voit par les sels de mercure basiques, bien connus pour leurs usages pharmaceutiques, l'affinité d'insolubilité prédominer aussi.

L'action de l'eau les rend de plus en plus basiques.

L'azotate de protoxyde de mercure se décomposera, sous les influences de l'eau, de la sorte:

Au premier lavage il reste :		$4Hg^2O, 3AzO^5, HO.$
— deuxième	—	$5Hg^2O, 3AzO^5, 2HO.$
— troisième	—	$6Hg^2O, 3AzO^5, 3HO.$
— quatrième	—	$2(Hg^2O). AzO^5.$
— cinquième	—	$3(Hg^2O), AzO^5.$
— sixième	—	$4(Hg^2O), AzO^5.$

Il se produit à la fin de l'oxyde de mercure insoluble.

De même l'azotate de mercure au maximum par l'action de l'eau devient :

1° $2(HgO), AzO^5, 2HO;$

2° $3(HgO)AzO^5$, HO ou $(HgO)^2$, HgO, AzO^3, HO;
3° $5(HgO)AzO^5$, HO ou $(HgO)^3$, (HgO), AzO^5, HO;
4° $6(HgO)AzO^5$, HO ou $(HgO)^4$, $(HgO)^2$, AzO^5, HO.

La coloration jaune devenant de plus en plus brun rougeâtre, annonce l'oxyde de mercure ou précipité rouge insoluble.

Le sulfate de bioxyde de mercure éprouve, par une digestion suffisante dans l'eau, une décomposition analogue et complète.

La proportion de base devenant de plus en plus considérable, la couleur du turbith minéral jaune rappelle celle du bioxyde de mercure obtenu par voie humide.

Les sels de zinc offrent le même ordre de phénomènes.

Pour donner des exemples de composés binaires, nous passerons à l'action de l'eau sur le chlorure de zinc. Les équations suivantes montrent la séparation d'une certaine proportion d'oxyde de zinc hydraté, qui va toujours en augmentant à mesure que l'on applique l'action de l'eau :

1° $2(ZnCL + 3HO) = ZnO,HO + ZnCL + HCL + HO$;
2° $4(ZnCL + 6HO) = 3\,(ZnO,HO) + ZnCl + 3HCl$;
3° $10(ZnCL + HIO) = 9\,ZnO + ZnCl,\ 9\,HCl$.

Pour apercevoir combien le jeu des affinités tant invoqué se prête peu aux explications de ces actions chimiques, voyons comment le chlore et l'oxygène se comportent vis-à-vis de l'antimoine et de ses oxydes.

Lorsque le chlore se combinera à la température ordinaire avec l'antimoine, c'est qu'il y aura formation d'eau par l'oxygène de l'oxyde d'antimoine et l'hydrogène de l'acide chlorhydrique.

Mais l'oxyde décomposé de la sorte se reformera bientôt par une réaction inverse, car il est peu soluble, tandis que les chlorures issus des oxydes sont déliquescents ; ils attirent l'humidité de l'air et redeviennent des oxydes d'antimoine plus ou moins chlorurés.

Dans ce cas comme dans tous les autres, les affinités produisent dans les mêmes circonstances des effets opposés; c'est pourquoi il nous a toujours semblé impossible d'admettre que l'affinité de l'antimoine pour le chlore était plus considérable lorsqu'il se formait de l'eau, ou que cette eau était décomposée pour substituer son oxygène au chlore, tout à l'heure doué d'une plus grande affinité, pour revenir exactement dans les mêmes positions des points du départ.

Ce que l'on saisira mieux par ces égalités :

$$1^{er} \text{ cas : } Sb^2O^3 + 3HCl = Sb^2Cl^3, 3HO.$$
$$2^{e} \text{ cas : } Sb^2Cl^3 + 3HO = Sb^2O^3, 3HO.$$

C'est exactement l'inverse des réactions qui se produisent; en expliquant au moyen des affinités, on conclura que les affinités du chlore pour l'antimoine et de l'oxygène pour ce métal sont égales; il n'en est rien cependant.

Si l'on met en présence de l'un et de l'autre de ces composés, oxyde d'antimoine et chlorure d'antimoine, un carbonate alcalin ou alcalino-terreux à la température de 15° C. en présence de l'eau, l'oxyde d'antimoine n'éprouve aucun changement; le chlorure sera décomposé et régénérera l'oxyde d'antimoine. L'hydrate de potasse bouilli avec l'oxyde d'antimoine le dissoudra; mais si l'on refroidit la liqueur brusquement, l'acide antimonieux (oxyde d'antimoine) se précipite sous forme d'une poudre fine (Berzelius).

Les carbonates alcalins n'entrent pas en combinaison avec l'acide antimonique, peroxyde d'antimoine, en présence de l'eau. Les chlorures maximum et minimum sont décomposés non-seulement par ces alcalis, mais par l'eau elle-même seule.

Les combinaisons de l'oxygène et de l'antimoine sont très-stables, et l'affinité en est aussi considérable.

Les chlorures d'antimoine correspondants sont peu stables, facilement décomposables par les moindres influences; aussi régénèrent-ils les oxydes. On ne saurait admettre, pour expliquer ces phénomènes, le mot d'*affinité*, qui n'a aucun sens dès lors.

Il en est de même dans tous les cas de transformations chimiques.

Enfin, pour montrer que ces chlorures sont des états d'équilibre instable, si on les abandonne à l'air, ils en prennent toute l'eau pour s'y dissoudre et s'y troubler : c'est là qu'on voit la force naturelle d'insolubilité ramener, reconquérir en quelque sorte sa prépondérance insensiblement.

En résumé, par les exemples que nous venons de donner sur la formation des sous-sels, nous pouvons en conclure que parmi les sels à bases insolubles dans l'eau et dont l'acide est soluble, la force d'insolubilité prédomine et précipite la base insoluble.

L'action prolongée de l'eau rend la base de plus en plus pure, et par conséquent de moins en moins soluble.

D'un autre côté, si l'acide est insoluble dans un sel dont la base est soluble, l'acide se précipitera.

L'insolubilité d'un des principes d'un sel dans un liquide capable de dissoudre l'autre devient une cause évidente de la décomposition de ce sel.

On objectera le peu d'affinité des deux éléments du sel l'un pour l'autre, relativement à l'affinité du dissolvant.

Quelle affinité peut avoir l'eau à former des hydrates qui par une faible chaleur sont décomposables, tandis que la plupart des composés qu'on suppose doués de peu d'affinité se volatilisent au lieu de se décomposer, et cela à des températures élevées, surtout par rapport à la même température de décomposition des hydrates?

Pourquoi invoquer ce vague prétexte, que les corps ont peu d'affinité?

Cependant les chlorures de zinc, de fer, d'antimoine ne se décomposent pas facilement par la chaleur, puisqu'ils sont volatils à des températures assez élevées.

Du reste, le chlore à des affinités incontestables par rapport à l'eau, si l'on compare les chlorures et les hydrates.

Ce n'est d'abord pas l'affinité d'un des éléments du sel pour le dissolvant, pas plus pour l'acide qui se dissout que pour la base qui se précipite, quoique la séparation ne se fasse pas rigoureusement entre ces deux principes; car le corps précipité entraîne toujours une certaine proportion du corps soluble.

On sait au surplus que par ces décompositions au sein de l'eau, il y a régénération d'un acide, étendu il est vrai, acide qui ne peut plus saturer le moindre atome de base pour former un sel dont les affinités étaient si énergiques au début.

L'eau s'étend elle-même comme l'acide; malgré cela, une force qui n'est pas celle de l'eau pas plus que celle de l'acide, une cause, une force, dis-je, est là, agissant en dehors des événements mis en présence.

Nous avons vu comment les décompositions s'opéraient lorsque dans un sel l'un des éléments était insoluble.

Si l'acide et la base sont solubles, le sel peut être insoluble; alors ce n'est plus l'insolubilité d'un élément qui détermine la précipitation.

C'est donc bien une force en dehors de ces considérations d'affinité et de propriété d'insolubilité particulière à un élément qui détermine la décomposition d'un sel.

Ainsi, pour en donner un exemple vulgaire, on sait que la baryte et l'acide

sulfurique sont très-solubles dans l'eau ; cependant le sulfate de baryte ne s'y dissout pas.

Si, mis en présence, cet oxyde et cet acide hydratés se combinent avec tant d'énergie, c'est pour se soustraire à l'action de l'eau et entrer dans le repos absolu de l'équilibre le plus stable que recherchent évidemment tous les corps simples de la nature.

Nous élevons donc cette force au premier rang de celles qui régissent les rapports de la matière à de petites distances.

L'insolubilité, comme chacun sait, n'est que relative.

Ce n'est qu'à ce point de vue que je la considère seulement.

Précisément de cette relation il serait très-facile, à mon sens, d'en faire ressortir une relation exacte, un rapport qui établirait l'échelle des affinités.

Par exemple, on pourrait établir que plus un sel est insoluble, plus ses éléments ont d'affinité l'un pour l'autre.

La graduation exacte de ces affinités se baserait sur l'immense étendue des sels les plus solubles ou déliquescents, aux sels les moins solubles.

Comme je ne me suis pas proposé d'examiner la partie relative aux sels les plus solubles, je crois que cette loi pourrait leur être applicable aussi bien qu'aux sels les moins solubles ou insolubles. Ce serait une autre question à élucider.

En définitive, cette idée de construction de tables d'affinités reposant sur l'insolubilité n'est qu'une conséquence de la force que je veux généraliser.

Afin d'établir régulièrement ces tables, il faudrait suivre quelques règles dictées par la composition même des combinaisons à classer.

Ainsi, on commencerait par ranger à part les composés binaires.

On les placerait dans un ordre tel que les sulfures, les chlorures, les iodures, etc., soient dans un rang de solubilité progressive.

Ensuite viendraient les sels rangés par ordre d'insolubilité, les sulfates ensemble, les silicates, les borates, etc.

Cette hypothèse peut recevoir son application, mais je me bornerai à ces indications pour ne pas sortir du sujet.

OPINION DES CHIMISTES.

Berthollet. — Au commencement de ce siècle, les définitions d'affinité et de cohésion n'avaient pas comme aujourd'hui leur sens bien arrêté. On comprend bien à quoi tenait ce vague dans les idées.

Sans doute on se rappelle qu'à cette époque les physiciens et les chimistes étaient divisés sur la manière de considérer les corps ; car ils ont regardé longtemps même des oxydes métalliques comme des corps simples.

Ils n'avaient pas attribué exactement aux corps simples l'expression de *cohésion*, non plus qu'aux composés celle d'*affinité*. Aussi les voit-on se servir tour à tour de ces deux mots, mais en désignant spécialement par le mot *affinité* le changement qui s'effectuait entre une ou plusieurs combinaisons.

La cohésion, selon les uns, présidait à la réunion des molécules aussi bien que l'affinité.

C'est pourquoi nous voyons Berthollet se servir de la cohésion pour expliquer les attractions, et admettre en thèse générale que la force de cohésion est le produit de l'insolubilité, et que cette propriété est la première force qui préside aux affinités.

Mais nous répondrons à cela que nous comprenons bien l'insolubilité en dehors de la cohésion.

En effet, la cohésion réunit deux, ou plusieurs molécules simples ou composées.

Tandis qu'on peut comprendre une molécule simple comme insoluble, sans faire intervenir la cohésion.

Berthollet semble lui-même ne pas se comprendre avec ces mots qu'il est obligé d'employer pour être intelligible à son époque.

Il cherche à s'expliquer en d'autres termes, afin qu'on ne se méprenne pas sur sa véritable pensée, quand il formule cette loi :

« Les effets que j'attribue à la force de cohésion ne sont dus qu'à l'insolubi-
« lité, c'est-à-dire au rapport de la force de cohésion, à l'action chimique de
« l'eau. »

Ce principe a été admis par Hahnemann avant Berthollet, puisqu'il disait que les décompositions chimiques des combinaisons ne dépendaient que de leurs rapports de solubilité.

Berthollet, plus loin, dans sa *Statique chimique*, en parlant des terres et des terres alcalines, admet pour ces cas particuliers la force que je veux généraliser.

Cet auteur, toutefois, attribue à la force d'insolubilité une énergie sans égale, et lui prête la cause de toutes les décompositions qui s'opèrent dans les cas cités.

Il s'exprime ainsi :

« Pendant que la saturation déguise l'alcalinité, l'insolubilité qui imprime le ca- « ractère des terres, s'alliant avec les qualités parallèles des acides, est la *cause* « *principale* qui détermine les propriétés des combinaisons qu'elles forment avec « les acides, et qui dirige, dans l'état neutre, le choix que chaque base peut faire « entre différents acides, pour produire le même degré de saturation ; cette inso- « lubilité qui sert à distinguer les terres, lorsqu'elle est absolue dans une substance, « ou lorsqu'elle se trouve dans celles de ses combinaisons qui ont surtout fixé « l'attention, n'est pas toujours accompagnée de la plénitude des propriétés « acides. »

L'opinion de Berthollet, n'est certes pas ambiguë dans ce passage, où il vient confirmer entièrement les idées émises dans cet opuscule.

Je suppose, en outre, qu'il est assez démontré que ces principes sont applicables, non-seulement aux terres, mais aux alcalis, comme le formule ce chimiste.

M. Dumas est venu lui donner ici toute l'autorité de son génie.

« Quand Berthollet explique les effets qui résultent, dans tant de réactions chi- « miques, de l'intervention de l'insolubilité ou de celle de la volatilité de l'un des « produits possibles, il pose une des lois les plus sûres et les plus fécondes dont « la chimie se soit enrichie. »

Dumas, *Philosophie chimique*, p. 588.



CONCLUSIONS.

1° L'insolubilité est la cause première déterminant les combinaisons.

2° L'affinité et l'insolubilité sont identiques.

3° L'insolubilité explique mieux les phénomènes chimiques et naturels, et se trouve plus en harmonie avec eux que le mot vague d'*affinité.*

4° L'insolubilité est l'état d'équilibre stable vers lequel tendent tous les corps de la nature.

5° La force antagoniste qui dérange pour un temps cette marche régulière et insensible, est l'action de solution de l'eau sur les éléments qui composent le globe.

6° L'état de solubilité des sels est la transition de l'équilibre instable à l'équilibre stable produite par l'action solvante de l'eau.

7° La matière multiplie ses alliances, dont le produit sera la stabilité ou repos absolu.

8° On doit se servir de l'expression d'*insolubilité* au lieu de celle d'*affinité.*

Vu bon à imprimer.
Le directeur de l'Ecole,
BUSSY.

Permis d'imprimer.
Le Vice-Recteur,
ARTAUD.

BIBLIOGRAPHIE.

Bergman. — Les affinités chimiques.

— — Opuscules chimiques et physiques.

Schéele. — Mémoires.

H. Davy. — Chimie philosophique.

Berthollet. — Statique chimique.

Berzelius. — Ses œuvres.

M. Dumas. — Philosophie chimique.

M. Chevreul. — Mécanique chimique.

Alc. d'Orbigny. — Géologie et paléontologie.

MM. Pelouze et Fremy. — Chimie.

M. V. Regnauld. — Chimie.

M. Guibourt. — Minéralogie.

Dufrénoy. — Minéralogie.

Soubeiran (Émile). — Pharmacie chimique.

Annales de chimie et physique.

TABLE.



Paris. — Imprimé par E. Thunot et Cᵉ, rue Racine, 26.



Paris.—Imprimé par E. Thunot et Cie, rue Racine, 26.